

**Polluerende atmosferische deeltjes langsheen de Frans-
Vlaamse Noordzeekust: grenstransporten en impact op het
leefmilieu
Grensoverschrijdende samenwerking en sensibilisering**

AEROSOL

Interreg II-project NF 2.2.1

Eindrapport UIA

**Samenvatting van de resultaten van de meetcampagnes juni 1999 – juni 2001,
meetcampagnes Belgica, Adinkerke en addendum meetcampagne Knokke-Heist**

Kurt Eyckmans, Jasna Injuk en René Van Grieken

Universitaire Instelling Antwerpen (UIA)

Met de steun van



EUROPESE GEMEENSCHAP
Europees Fonds voor regionale
ontwikkeling



Met steun van de
Vlaamse overheid



Provincie
West-Vlaanderen

Uitvoering



Coördinatie



Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ)

Antwerpen, december 2001

INHOUDSOPGAVE

Documentbeschrijving	4
<u>I Inleiding</u>	4
<u>II Samenvatting</u>	5
Wetenschappelijk rapport	7
<u>I Beschrijving van de meetapparatuur</u>	7
I.1 De bemonsteringsapparatuur	7
<i>I.1.1 De hoog-volume filtereenheid</i>	7
<i>I.1.2 De laag-volume filtereenheid</i>	7
<i>I.1.3 De regenwatersampler</i>	7
<i>I.1.4 De gassampler</i>	8
I.2 De analyse-apparatuur	11
<i>I.2.1 De ionenchromatograaf</i>	11
<i>I.2.2 Inductief gekoppeld plasma-atoom emissie spectrometrie</i>	11
<i>I.2.3 Thin Window-Electron Probe Micro Analysis</i>	11
<i>I.2.4 Energy Dispersive X-Ray Fluorescence</i>	11
<u>II Meetresultaten van de Belgica campagnes</u>	12
II.1 Belgica ns 2198 campagne	12
II.2 Belgica ns 1099 campagne	14
II.3 Belgica ns 1699 campagne	17
II.4 Belgica ns 2299 campagne	20
II.5 Conclusies Belgica campagnes	21
<u>III Meetresultaten en bespreking van de meetcampagnes te Adinkerke</u>	23
III.1 Meetcampagne 9 juni 2000 - 25 juli 2000	23
<i>III.1.1 Filterstalen</i>	23
<i>III.1.2 Gasstalen</i>	29
<i>III.1.3 Regenwaterstalen</i>	32

III.2 Meetcampagne 4 december 2000 - 2 maart 2001	34
<i>III.2.1 Filterstalen</i>	34
<i>III.2.2 Gasstalen</i>	43
<i>III.2.3 Regenwaterstalen</i>	45
III.3 Meetcampagne 28 mei 2001- 18 juni 2001	46
<i>III.3.1 Filterstalen</i>	46
III.4 Conclusie meetcampagnes te Adinkerke	51
<u>Addendum : Meetresultaten van de meetcampagne te Knokke-Heist</u>	53
<i>A.1 Filterstalen</i>	53
<i>A.2 Gasstalen</i>	57
<i>A.3 Algemeen besluit Knokke-Heist campagne</i>	60

DOCUMENTBESCHRIJVING

I Inleiding

Een onderzoeksproject, kaderend in het Interreg II programma, werd goedgekeurd om de grensoverschrijdende pollutie te onderzoeken tussen de Franse en Vlaamse kustzones. De industriezone van Duinkerke bevindt zich in de onmiddellijke nabijheid van de kust en kan door de overheersende westenwind een negatieve polluerende invloed uitoefenen op het volledige Vlaamse kustgebied. Binnen het project was het dan ook de bedoeling de pollutie in functie van de windrichting nader te onderzoeken, en dit in samenwerking met de Franse en Vlaamse partners.

Deze partners zijn langs Vlaamse zijde de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) en langs de Franse zijde OPAL'Air en Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO).

Een eerste reeks campagnes werd georganiseerd op het onderzoeksschip Belgica. Vanop het schip werden luchtstalen genomen van de Belgische kustzone en van Het Kanaal. Het betreft hier de Belgica ns 2198 campagne van 28 september tot 2 oktober 1998, de Belgica ns 1099 campagne van 19 april tot 23 april 1999 en de Belgica ns 1699 campagne van 29 juni tot 8 juli 1999.

In samenspraak met de verschillende partners werden er in het Frans – Vlaamse grensgebied drie staalnamecampagnes georganiseerd. De eerste meetcampagne ving aan op 9 juni 2000 en werd beëindigd op 25 juli 2000. De tweede campagne liep van 4 december 2000 tot 2 maart 2001. De laatste campagne is uitgevoerd van 28 mei 2001 tot 18 juni 2001. De staalnameapparatuur werd steeds opgesteld op het terrein van de gemeentelijke werkplaats in de Zwartenhoekstraat te Adinkerke, De Panne. Over de drie campagnes werd er apparatuur opgesteld om gassen, aerosolen en regenwater te bemonsteren. In dit rapport worden de resultaten van deze drie meetcampagnes in detail beschreven.

Buiten het kader van het AEROSOL-project werd er van juni 1999 tot juni 2000 op een intensieve manier bemonsterd langs de noordzijde van de Vlaamse kustzone, in het Zwin te Knokke-Heist. Dit staalnamepunt bevond zich in een afgelegen industrievrije zone omringd door landbouwgebied, wat een interessante vergelijking mogelijk maakt met de nieuwe gegevens die werden bekomen van het staalnamepunt te Adinkerke.

II Samenvatting

Uit de verschillende analyses van de Belgica stalen kan besloten worden dat de luchtmassa de verschillende polluenten over grote afstanden kan vervoeren. De concentraties aan polluenten in de verschillende luchtmassa's zijn afhankelijk van de pollutie opgelopen over het vasteland en van de verwijdering uit de atmosfeer door droge en natte depositie (wash-out). Hierbij blijken de afstand en het gebied waarover de polluenten vervoerd worden fluctuerende concentraties op te leveren, maar is de verwijdering van de verschillende polluenten door neerslag vermoedelijk de belangrijkste oorzaak van de sterker variërende concentraties.

Langs de ene kant is er een zeer sterke correlatie tussen de verschillende continentale en antropogene polluenten, zoals de ammonium-, nitraat- en sulfaatconcentraties, langs de andere kant heeft men de variërende concentraties aan mariene componenten, zoals de natrium-, magnesium-, calcium- en kaliumionen. Vermits deze laatste componenten hoofdzakelijk door brekende golven worden geëmitteerd, zijn hun concentratiefluctuaties te wijten aan de windsterkte, golfhoogte, afstand tot de branding, enz.

Voor een aantal metalen zoals lood, koper, zink, nikkel en chroom werd er een gemiddelde berekend voor alle Belgica campagnes. Deze gemiddelden werden vergeleken met vroegere resultaten gemeten aan de kust of boven de Noordzee. Hieruit blijkt duidelijk dat concentraties sinds het midden van de jaren tachtig zeer sterk gedaald zijn door de ontwikkeling van schonere industrie en het gebruik van loodvrije benzine. Sinds de jaren negentig zijn de concentraties ongeveer hetzelfde gebleven. De concentraties gemeten op de Belgica zijn voor koper en zink vergelijkbaar en voor lood ongeveer verdubbeld ten opzichte van een vroegere meetcampagne te Blankenberge van 1992 tot 1994. Een mogelijke verklaring hiervoor is echter dat te Blankenberge uitsluitend aanlandige wind is bemonsterd, wat, in tegenstelling tot de stalen genomen op de Belgica, directe contaminatie van het land uitsluit.

Wanneer de gemiddelde concentraties aan de verschillende polluenten over de verschillende meetcampagnes te Adinkerke vergeleken worden kan er voor de winterperiode een algemeen hogere concentratie aan zowel continentale en antropogene, als mariene aerosolen vastgesteld worden. De gemiddelde concentratie ligt hierbij tijdens de wintermaanden een factor twee hoger, in vergelijking met de pollutie opgemeten tijdens de lentemaanden.

De daggemiddelde concentraties van de verschillende filterstalen, genomen te Adinkerke, blijken vrijwel uitsluitend afhankelijk te zijn van de neerslag. Slechts in een aantal gevallen kan men een duidelijke windrichtingsafhankelijkheid aantonen.

De concentraties aan sulfaat en nitraat bleken lager te zijn bij westelijke tot noordelijke wind, waarbij de natrium- en chlorideconcentraties een maximum bereiken.

De verhoudingen van de verschillende componenten onderling kunnen echter wel informatie verschaffen over de oorsprong van en de invloed op de bemonsterde luchtmassa. Zo kan er een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen een continentale of mariene invloed en oorsprong.

Bij de gasstalen is de concentratie zeer sterk gecorreleerd met de temperatuur en de neerslag. Tijdens een regenbui kan de concentratie aan het sterk oplosbare ammoniakgas drastisch dalen. De hoogste ammoniakconcentraties werden opgetekend tijdens droge en warme perioden, met een wind komende van het zuid-zuidwesten tot het zuidoosten. Hierbij blijkt de evaporatie van ammoniak uit de bodem van nabij

gelegen agrarische gebieden een voor de hand liggende verklaring te zijn. De rechtstreekse invloed van ammoniak-puntbronnen uit de onmiddellijke omgeving wordt eveneens onderstreept door het snel wegreageren van ammoniak tot ammoniumverbindingen, welke door hun stabiliteit verschillende dagen in de luchtmassa meegedragen kunnen worden en dus niet windrichtingsafhankelijk zijn.

Voor de filterstalen, genomen in Knokke-Heist, bleken de sulfaat- en ammoniumconcentraties, in tegenstelling tot de nitraatconcentraties, windrichtingsafhankelijk te zijn. Er worden duidelijke maxima vanuit het zuidwesten en noordoosten opgetekend. De ammoniakconcentraties blijken maxima te vertonen vanuit het oosten tot het zuidwesten. Hiernaast blijkt de ammoniakconcentratie zeer sterk gecorreleerd te zijn aan de maximale dagtemperatuur, wat in de zomerperiode deels te verklaren is door de verkoelende en tevens minder gepollueerde zeelucht. Het is echter zeer duidelijk dat de maximale ammoniakconcentraties een gevolg zijn van hoge maximumtemperaturen gecombineerd met een landelijke wind. Bemestingsactiviteiten en veeteelt hebben echter onrechtstreeks een zeer belangrijke invloed. Zij zorgen voor de overvloedige voorraad aan ammoniumcomponenten welke aan de atmosfeer worden blootgesteld en bij een stijging van de temperatuur onmiddellijk in de atmosfeer worden opgenomen.

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

I Beschrijving van de meetapparatuur

I.1 De bemonsteringsapparatuur

I.1.1 De hoog-volume filtereenheid

Om grote hoeveelheden aerosolen te kunnen bemonsteren werd een toestel ontwikkeld om tegen een regelbaar debiet tussen 1 en 40 m³ per uur lucht te bemonsteren. Er werd gebruik gemaakt van Whatman GF/F 135 mm glasvezelfilters, waarvoor een geschikte filterhouder ontworpen werd. De luchtmassa wordt door de filter gezogen door middel van een Becker SV 5/130.2 turbine met een maximaal debiet van 60 m³ per uur. Tijdens het bemonsteren wordt de pomp op 80 % van het maximale vermogen gebruikt wat neerkomt op een gemiddeld debiet van 30 m³ per uur. Aan de pomputlaat is eveneens een flowmeter bevestigd met weergave van het debiet en het gecollecteerd volume. Tijdens de verschillende bemonsteringen bleef de pomp continu draaien.

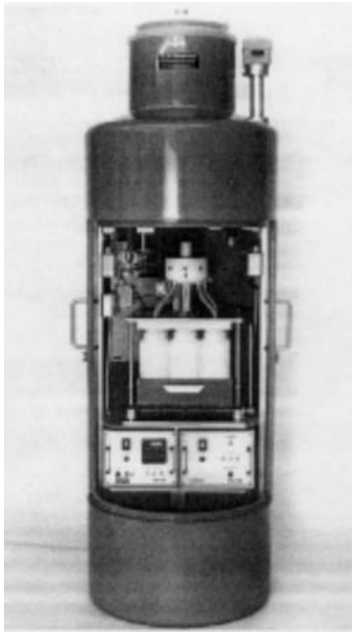
De gecollecteerde aerosolen werden nadien in een ultrasoonbad in oplossing gebracht en geanalyseerd door middel van een Ionen Chromatograaf (I.C., Dionex DX 120 met AS 50 autosampler). Nadien werden door middel van het geregistreerde volume de concentraties berekend van de verschillende componenten in µg/m³ aan hoofcomponent. De fractie aan nitraat en ammonium wordt uitgedrukt in µg/m³ N, de fractie aan sulfaat in µg/m³ S, enz.

I.1.2 De laag-volume filtereenheid

Hierbij werd gebruik gemaakt van een Becker VT/4.4 lamellenpomp met een maximaal debiet van 4 m³ per uur. Deze pomp werd gebruikt in combinatie van een Millex 47 mm standaard filterhouder met regenbescherming en een Nuclepore® filter. Deze filters worden nadien geanalyseerd door middel van X-Stralen Fluorescentie (XRF, X-Ray Fluorescence). De aerodynamische weerstand van de Nuclepore filter zorgt er echter wel voor dat het bekomen debiet sterk gereduceerd wordt tot een 2 m³ per uur. Het bemonsterde luchtvolume werd gemeten door middel van een gasmeter. De concentraties worden weergegeven in ng/m³ aan de geanalyseerde componenten. Ook werden er luchtstalen bemonsterd door middel van een Berner impactor. Deze heeft negen verschillende stages met respectievelijke cut-offs van 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.12 en 0.06 µm.

I.1.3 De regenwatersampler

Er werd gebruik gemaakt van een automatische sequentiële regenwatersampler van het bedrijf Eigenbrodt, type ARS 721/S. Het toestel is programmeerbaar om over een periode van acht dagen door middel van een meerwegkraan het regenwater in verschillende opvangrecipiënten te collecteren. Het geheel is afgeschermd tegen contaminatie van de buitenlucht (droge depositie) door een afsluitend deksel, gestuurd door een regenwatersensor. Een inwendige thermostatisatie voorkomt vorstschade en bevriezing van de stalen.

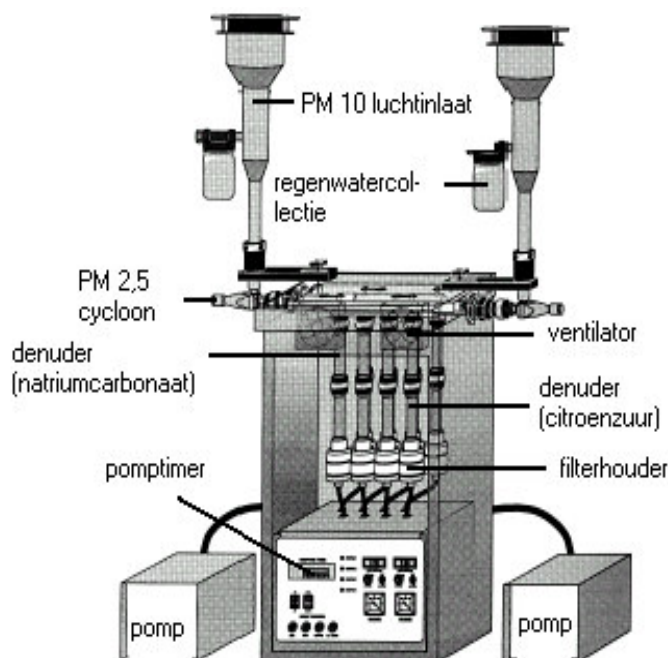


Figuur 1: De regenwatersampler.

Het regenwater werd nadien geanalyseerd op elementsamenstelling door middel van Inductief gekoppeld Plasma - Atoom Emissie Spectrometrie (ICP-AES, Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometrie) en op ionaire samenstelling door middel van IC.

1.1.4 De gassampler

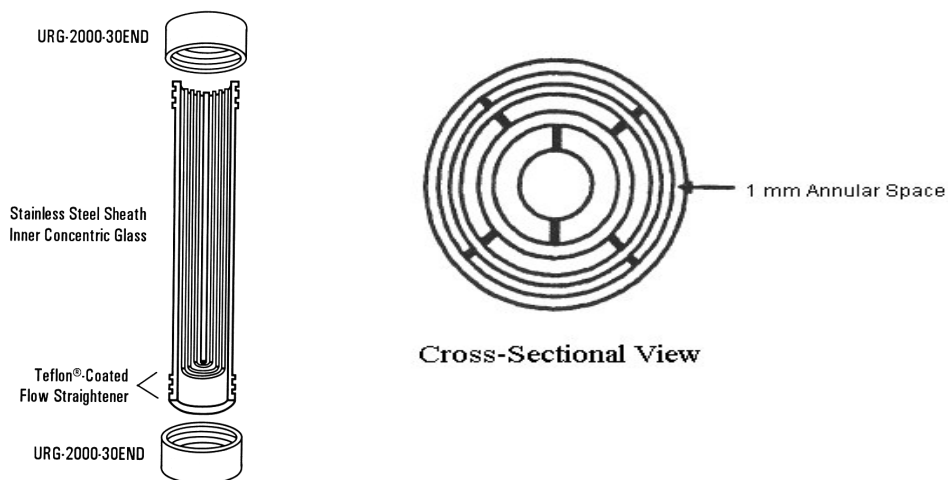
Voor de metingen van de verschillende gassen te Adinkerke werd er bemonsterd met een URG 2000-01K, dual sequential fine particle sampler, een toestel van URG, United Research Glassware, NC, USA.



Figuur 2: Schematische voorstelling van het URG-toestel.

Hierbij werd lucht, gestuurd door een vooraf geprogrammeerde pomptimer, aangezogen en doorheen het systeem geleid. In de inlaat werd de lucht ontdaan van de deeltjesfractie groter dan $10\text{ }\mu\text{m}$, waarna in een cyclooneenheid de deeltjesfractie groter dan $2.5\text{ }\mu\text{m}$ eveneens werd weerhouden. De verwijdering van deze fracties is noodzakelijk om hun impactie op het denuderooppervlak te vermijden en om zo de kans op artefacten te verminderen. De lucht stroomt dan door annulaire denuders (zie Figuur 3) die met een bepaald reagens gecoat werden. Dit reagens collecteert selectief de gewenste gassen uit de luchtstroom. Er werden telkens twee denuders in serie opgesteld. Een eerste denuder met een natriumcarbonaat coating collecteert de zure gassen, de tweede denuder, met een citroenzuurcoating, de basische gassen. De zure gassen, zoals o.a. het agressieve salpeterzuur, werden steeds als eerste gecollecteerd omdat deze met het geadsorbeerde ammonium op de tweede denuder zouden kunnen interageren. De nog in de lucht aanwezige deeltjesfractie werd hier niet gecollecteerd omdat partikels in tegenstelling tot gassen een veel kleinere diffusiesnelheid vertonen en dus doorheen de denuders getransporteerd worden zonder in contact te komen met de gecoate wanden. Deze deeltjesfractie werd weerhouden op een glasvezelfilter, welke in een filter pack, na de tweede denuder, geplaatst werd.

Het gebruikte toestel biedt de mogelijkheid om simultaan te bemonsteren over twee onafhankelijke kanalen omdat zowel de PM10 luchtinlaten, de PM 2.5 cyclooneenheden, het buizensysteem, de debietregeling en het pompsysteem volledig gescheiden zijn. Elk kanaal heeft vier identieke vertakkingen waarop de denuders geschroefd kunnen worden. Per kanaal kon er dus over vier perioden bemonsterd worden.



Figuur 3: Schematische voorstelling van een annulaire denuder.

Het URG-toestel beschikt over annulaire denuders met een lengte van 242 mm, waarbij de concentrische buizen 1 mm van mekaar en rondom een centrale glazen staaf geplaatst worden.

In de gebruikte annulaire denuders ligt één uiteinde van de inwendige cilinders 25 mm van het uiteinde van de buitenste buis. Dit uiteinde wordt ook wel “flow straightener” genoemd en zorgt ervoor dat de luchtstroom telkens dezelfde stroomcondities vertoont voordat het buizensysteem van de denuder bereikt wordt. De lengte van de denuders en het debiet waarbij bemonsterd wordt (10 liter per minuut) worden zodanig gekozen dat er voor de bemonstering van ammoniak een collectie-efficiëntie van 99.9 % bereikt wordt.

Nadien worden de coatings opgelost en geanalyseerd door mideel van IC. De concentraties aan salpeterig zuur en salpeterzuur worden bij elkaar opgeteld, daar reeds tijdens de bemonstering het gecollecteerde salpeterigzuur oxideert tot salpeterzuur.

De concentraties zijn uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aan hoofdelement, wat hier neerkomt op $\mu\text{g}/\text{m}^3$ N.

I.2 De analyseapparatuur

I.2.1 De ionenchromatograaf

Het gebruikte toestel is een Dionex DX 120 met een Dionex AS 50 autosampler. De componenten van de verschillende stalen werden onder invloed van een ultrasone behandeling (Eyckmans et al., 2001) in oplossing gebracht en na filtering door middel van een Millex® 0.22 µm filter in de autosampler gebracht. De gebruikte analytische kolommen waren voor de anionenanalyse de AS 14 en de kationenanalyse de CS 12. Het debiet van het eluent werd ingesteld op 1 ml/min.

I.2.2 Inductief gekoppeld plasma-atoom emissie spectrometrie

Zoals reeds vermeld werden de regenwaterstalen door middel van ICP-AES geanalyseerd. Het regenwater werd afgefilterd door een Millex® 0.22 µm filter en nadien rechtstreeks in het toestel ingebracht. Het gebruikte toestel is een Jobin Yvon Ultima met een focale lengte van 1.0 meter. Gemiddeld was er 10 ml staalvolume vereist om de verschillende elementen te meten. Voor de analyses werd er gebruik gemaakt van een Meinhard verstuiver met een verstuivingsdebiet van 0.8 ml/min bij een druk van 2.75 bar. Het debiet van het argon sheatgas werd ingesteld tussen 0.2 en 12 liter per minuut.

I.2.3 Thin Window-Electron Probe Micro Analysis (TW-EPMA)

De verschillende aerosolen werden met een Berner impactor op aluminium, silicium en zilver impactiesubstraten bemonsterd. Tijdens de analyse werden de verschillende stages aerosol per aerosol geanalyseerd door middel van TW-EPMA. Hierbij wordt een detector met een ultra dun polymeer venster aangewend, in tegenstelling tot het Beryllium venster bij conventionele EPMA. Deze techniek biedt hierdoor het voordeel dat ook elementen tussen atoomnummer 6 en 11 (koolstof, stikstof, zuurstof,...) gedetecteerd kunnen worden.

Door nadien de data van alle verschillende deeltjes statistisch te verwerken, verkrijgt men een semi-kwantitatief beeld van de samenstelling van de verschillende aerosolen in de luchtmasa.

I.2.4 Energy Dispersive X-Ray Fluorescence

X-stralenspectra werden opgenomen met een Spectrace 5000 (Tracor, USA) toestel. De luchtstalen werden bemonsterd met een Millex® 47 mm filterhouder op Nuclepore® filter met een poriegrootte van 0.4 µm.

De analyses werden uitgevoerd met een versnelspanning van 30 kV. De elementspecifieke X-stralen werden nadien door middel van een Si(Li) detector geanalyseerd.

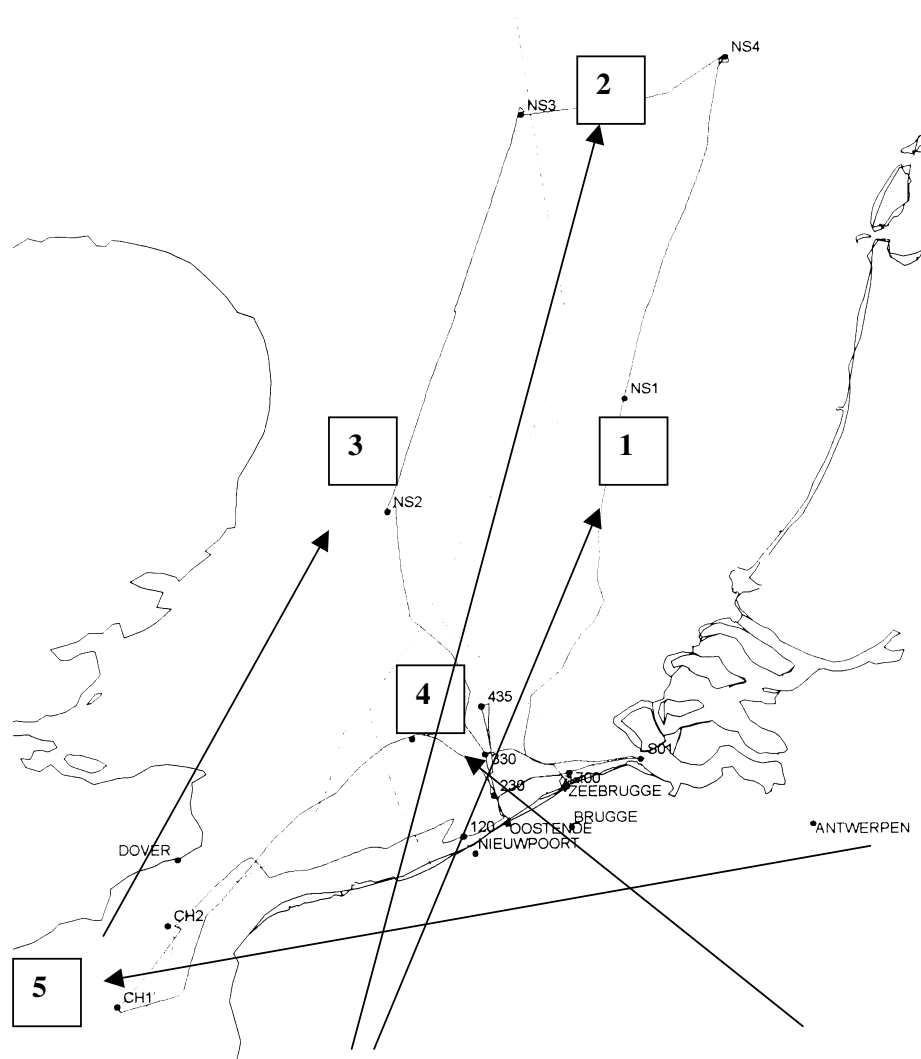
Kurt Eyckmans, Jing Zhang, Johan de Hoog, Pieter Joos and René Van Grieken. 2001

Leaching of nutrients and trace metals from aerosol samples; a comparison between a re-circulation and an ultrasound system

Intern. J. Environ. Anal. Chem., Vol 80(3), pp.227-243

II Meetresultaten van de Belgica campagnes

II.1 Belgica ns 2198 campagne



Figuur 4: Traject van de Belgica ns 2198 campagne. De nummers stellen de staalnameplaatsen voor van de respectievelijke stalen, de pijlen geven een indicatie van de richting waaruit de luchtmassa afkomstig was.

Tabel I toont de gemiddelde concentraties voor de verschillende deeltjestypes, teruggevonden op de 2-4 μm impactor stage gedurende 5 opeenvolgende bemonsteringen. De gemiddelde diameter en het relatief voorkomen van de verschillende deeltjestypes zijn voorgesteld in Tabel II. Hierbij blijken alle deeltjestypes minstens 5 % koolstof te bevatten. Een voor de hand liggende verklaring hiervoor is dat de deeltjes meestal een kluitvorm met roet of organische deeltjes.

Zowel zeezout als aluminosilicaten bevatten ongeveer 10 % koolstof. Stikstof is aanwezig als vrijwel zuiver NaNO_3 (aanwezigheid van slechts 6.7 % aan andere componenten) maar is eveneens voor tussen de 0.6 en 11 % aanwezig in alle andere deeltjestypes. NaNO_3 wordt gevormd door het aanwezige atmosferische zeezout dat reageert met gasvormig HNO_3 in de troposfeer. De meeste NaNO_3 type deeltjes waren

bolvormig, wat erop duidt dat ze in de vloeibare fase waren tijdens het bemonsteringsproces.

Tabel I: Concentraties van de elementen

Concentratie (gewichtsprocenten)															
Deeltjestypes	C	N	O	Na	Mg	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Cu
Zeezout	9.8	0.6	9.6	36	1.0	0.0	0.0	0.9	42	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Aluminosilicaten	6.4	3.1	54	1.1	1.9	24	0.1	1.0	0.1	2.3	1.0	0.3	0.0	4.7	0.1
Ammoniumnitraat	9.7	6.1	53	2.8	2.2	2.0	0.1	9.9	0.6	2.4	8.6	0.1	0.4	1.6	0.1
Organische fractie	37	11	41	2.4	1.2	0.7	1.1	2.8	0.3	1.3	0.7	0.0	0.0	0.1	0.0
Natriumnitraat	5.1	11	51	25	1.9	0.3	0.0	4.1	0.7	0.1	0.4	0.0	0.0	0.6	0.0
IJzeroxide	6.4	2.1	35	1.5	2.3	5.2	0.0	1.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.2	44	0.8
Biogene deeltjes	59	6.4	29	0.9	0.7	1.2	0.1	1.3	0.0	0.3	0.2	0.7	0.0	0.1	0.0
Zeezout+organisch	15	3.8	31	18	2.5	1.8	0.0	2.6	20	0.6	4.2	0.0	0.0	0.2	0.0

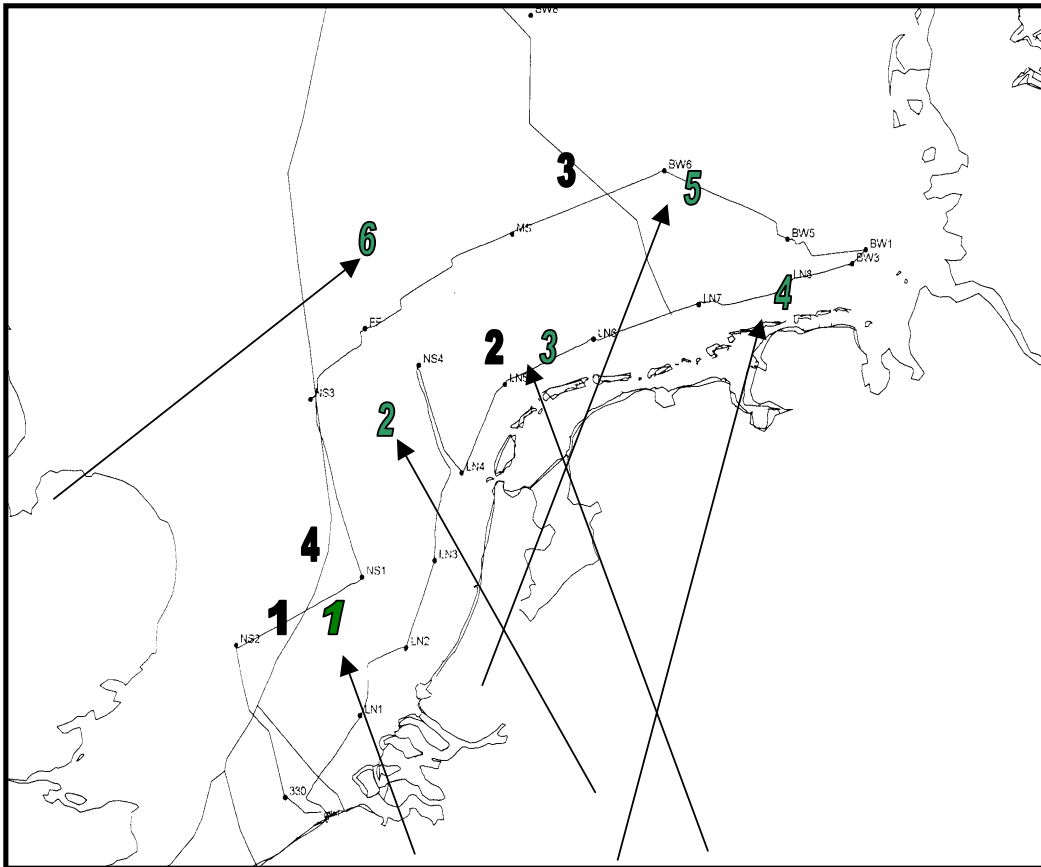
Tabel II: Vergelijking van de verschillende stalen

Deeltjestypes	Voorkomen (%)	Relatief voorkomen en staalnummer					
		d (µm)	1	2	3	4	5
Zeezout	36	1.6	77	82	0.0	0.7	0.0
Aluminosilicaten	22	1.9	0.5	1.3	39	42	38
Ammoniumnitraat	13	1.6	8.0	3.3	21	17	19
Organische fractie	12	2.3	8.5	1.3	15	14	26
Natriumnitraat	6.7	2.0	2.0	6.7	12	13	0.0
IJzeroxide	4.8	1.4	0.0	0.7	11	6.0	8.0
Biogene deeltjes	2.8	2.6	0.0	0.7	2.7	5.3	7.2
Zeezout+organisch	1.8	3.2	0.0	4.0	4.0	0.0	0.0

II.2 Belgica ns 1099 campagne

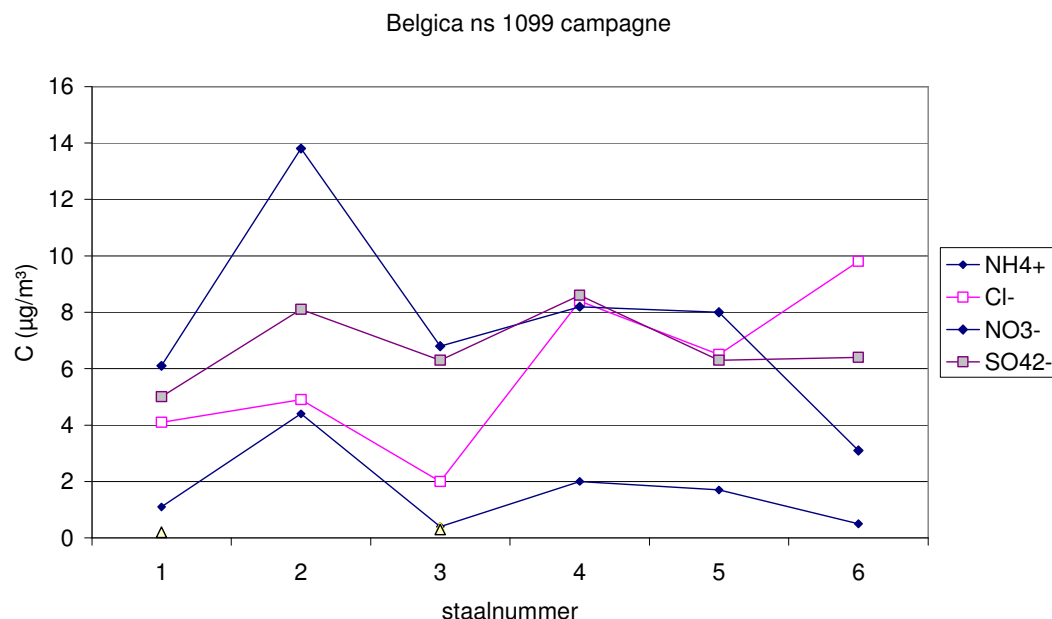
Het bevaren traject wordt weergegeven in Figuur 5. Tijdens deze campagne, van 19 tot 23 april 1999, zijn er zowel stalen genomen voor de analyse met IC (Figuur 6) als voor XRF analyses (Figuur 7).

Gedurende de eerste bemonsteringen heerste er een meer zuidelijke, continentale wind. Naarmate de campagne vorderde werd er meer en meer centraal op de Noordzee bemonsterd met een wind ruimend naar het zuidwesten.



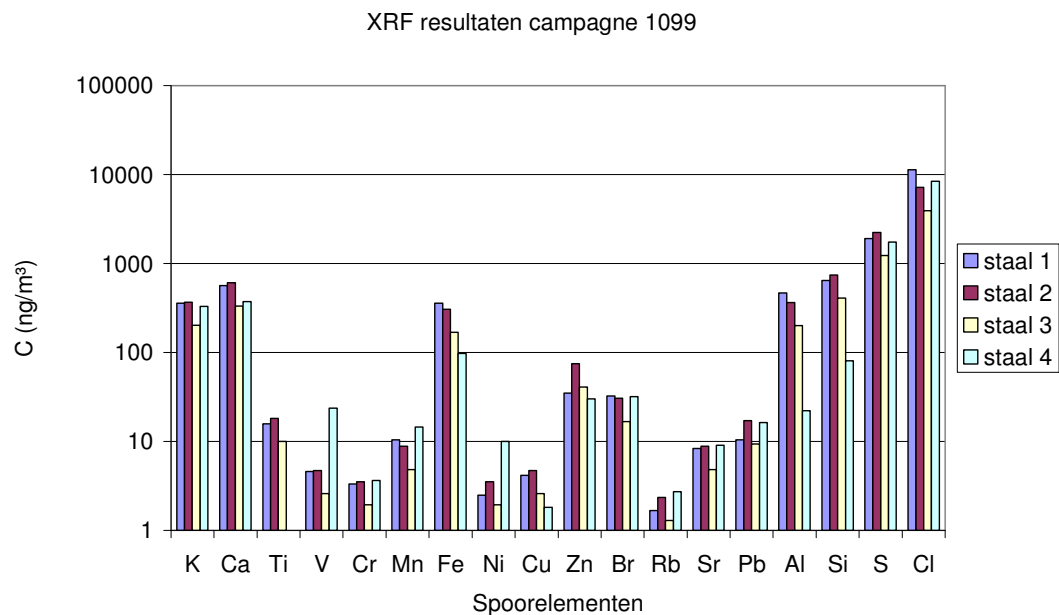
Figuur 5: Het bevaren traject tijdens de Belgica ns 1099 campagne. De cijfers van 1 tot 6 in het cursief gedrukt wijzen op de staalnameplaatsen van de IC stalen, de andere cijfers op de staalnameplaatsen van de XRF stalen. De pijlen geven een indicatie weer van de oorsprong van de luchtmassa.

Het bemonsteren van de verschillende luchtmassa's is duidelijk te zien bij de IC resultaten, met een stijgende chlorideconcentratie en een dalende, antropogene nitraatconcentratie. Ook de XRF stalen vertonen een dalende aluminium en siliciumconcentratie, afkomstig van bodemstof.



Figuur 6: IC resultaten voor de verschillende stalen.

De sterk fluctuerende nitraat-, sulfaat- en ammoniumconcentraties bij de eerste vier stalen zijn het resultaat van de verschillende aard van de luchtmassa's die tijdens de vaart voorbij de Belgisch-Nederlandse kust geïncubateerd werden. Het is pas bij het laatste staal dat er een duidelijke verlaging van de ammonium- en nitraatconcentraties kan vastgesteld worden. De luchtmassa heeft hier een lang traject over zee afgelegd, waarbij de luchtmassa de laatste tien tot twintig uren niet meer is blootgesteld aan pollutie en waarbij de meeste polluenten reeds uit de lucht verwijderd zijn door natte en droge depositie.

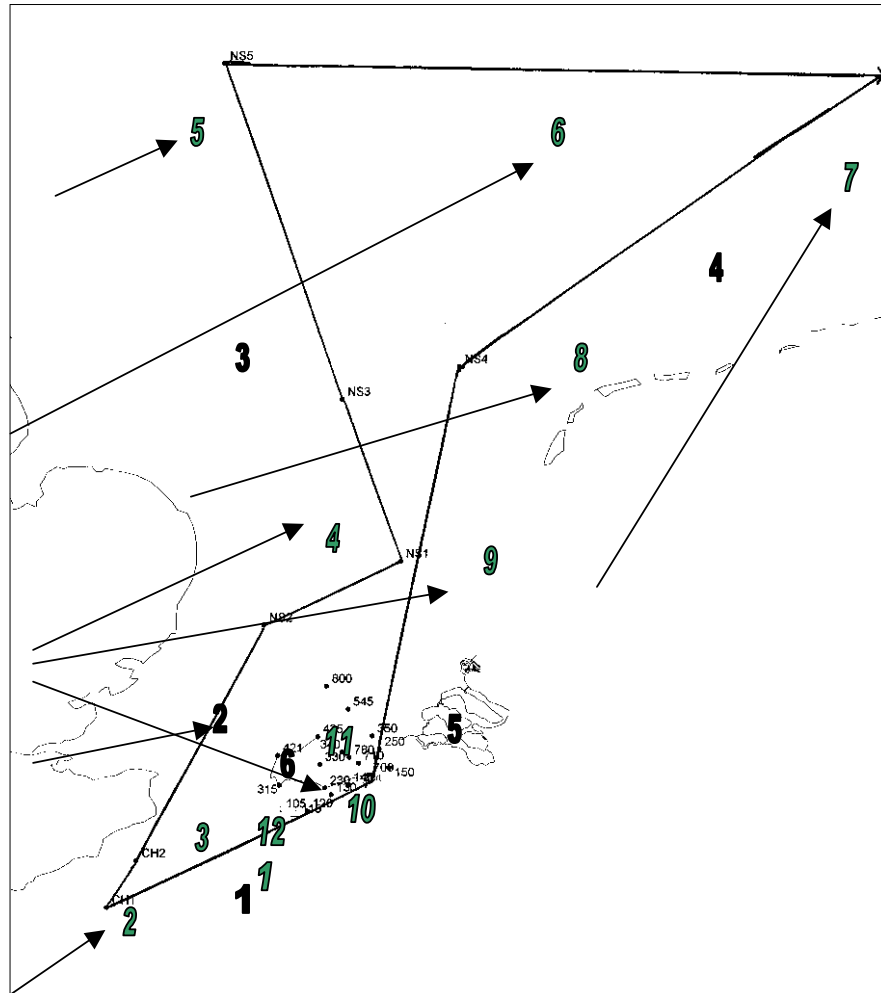


Figuur 7: XRF resultaten voor de verschillende sporenelementen.

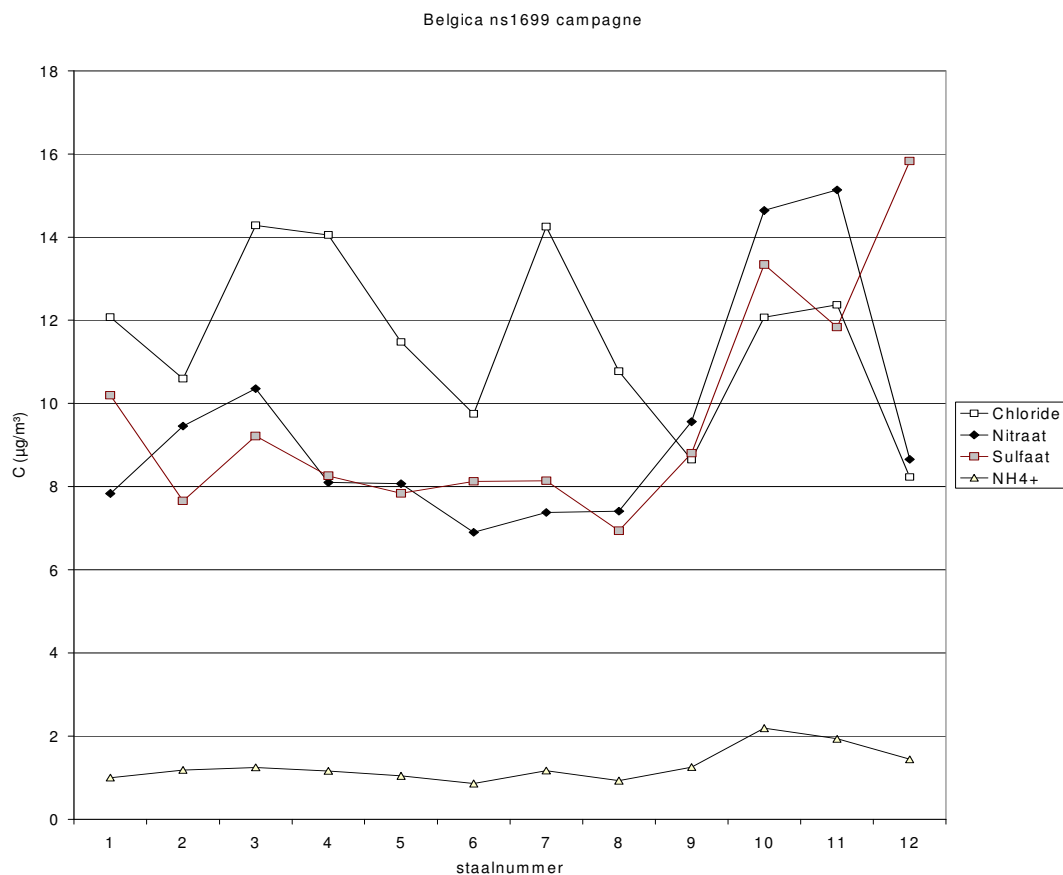
Staal nummer 3 geeft, door het lange traject over zee voor de meeste metalen de laagste concentraties. De concentraties aan aluminosilicaten (bodemstof) is het kleinst bij staal nummer 4 en de concentraties aan de meeste zware metalen zijn het hoogst bij staalnummer 1 en 2, luchtmassa's aangevoerd via België en Nederland.

II.3 Belgica ns 1699 campagne

Gedurende de ns 1699 campagne werd er over een periode van twee weken bemonsterd boven het Belgisch Continentaal Plat (BCP), de Zuidelijke Bocht van de Noordzee, de Centrale Noordzee en de Duitse Bocht van de Noordzee. Het traject is weergegeven in Figuur 8. De trackplot is een reconstructie van het bevaren traject, daar er softwareproblemen zijn opgetreden tijdens deze campagne.



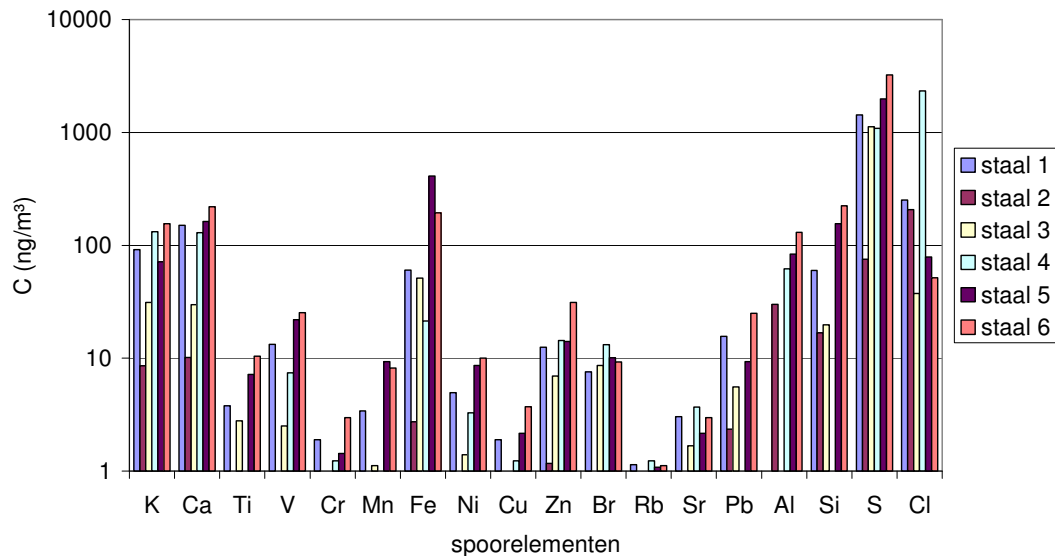
Figuur 8: Reconstructie van de trackplot van de Belgica ns 1699 campagne. De cursief gedrukte cijfers van 1 tot 12 stellen de IC stalen voor, de cijfers van 1 tot 5 stellen de plaats voor waar de XRF stalen genomen werden. De pijlen geven een idee van de oorsprong van de luchtmassa.



Figuur 9: IC analyse van de verschillende stalen.

Voor de eerste negen stalen werden er fluctuerende, doch vergelijkbare concentraties teruggevonden voor vrijwel alle componenten. Vanaf staalnummer 10 liggen de concentraties voor de nitraat, sulfaat en ammoniumcomponenten aanzienlijk hoger, een gevolg van de windmassa komende van het Britse vasteland. De correlatie tussen de nitraat-, ammonium- en sulfaatconcentraties is zeer duidelijk weergegeven, een resultaat van hun gemeenschappelijke continentale oorsprong.

XRF resultaten ns1699

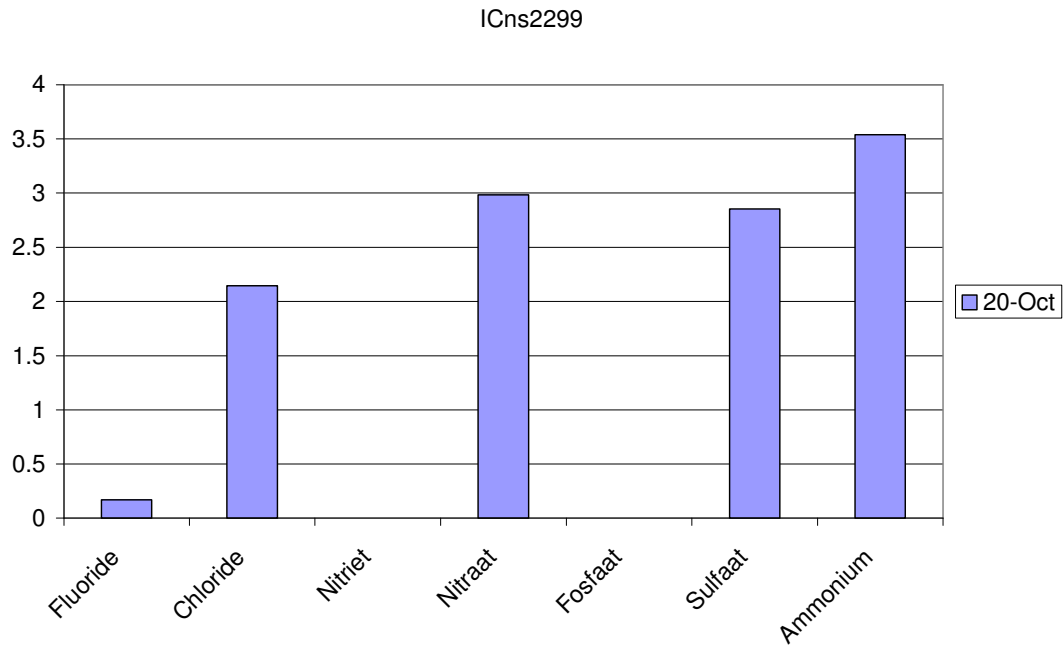


Figuur 10: XRF analyse van de verschillende sporenelementen.

Bij vrijwel alle zware metalen werden de hoogste concentraties teruggevonden voor de laatste twee stalen, een gevolg van de westelijke en respectievelijke noordwestelijke wind komend van Groot-Brittannië. Algemeen worden de hoogste waarden steeds aangetroffen in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee, daar industrie nooit ver verwijderd is. De continentale invloed wordt ook onderstreept door de hoge aluminium- en siliciumconcentraties, afkomstig van bodemstof (aluminosilicaten).

II.4 Belgica ns 2299 campagne

Ten gevolge van stormweer konden er slechts een beperkt aantal stalen genomen worden. Na analyse bleken de meeste stalen tevens gecontamineerd door zeewaterspray, dat over het schip geblazen werd. Achteraf bleek maar één staal gelukt te zijn voor analyse van ionaire componenten, genomen in de Scheldemonding, tijdens het wachten op een kalmere zee.



Figuur 11: IC resultaat staal van 20 oktober 1999

De relatief hoge chlorideconcentratie is het gevolg van de stormwind, de nitraat-sulfaat en ammoniumconcentraties zijn afkomstig van het vlakbij gelegen land.

II.5 Conclusies Belgica campagnes

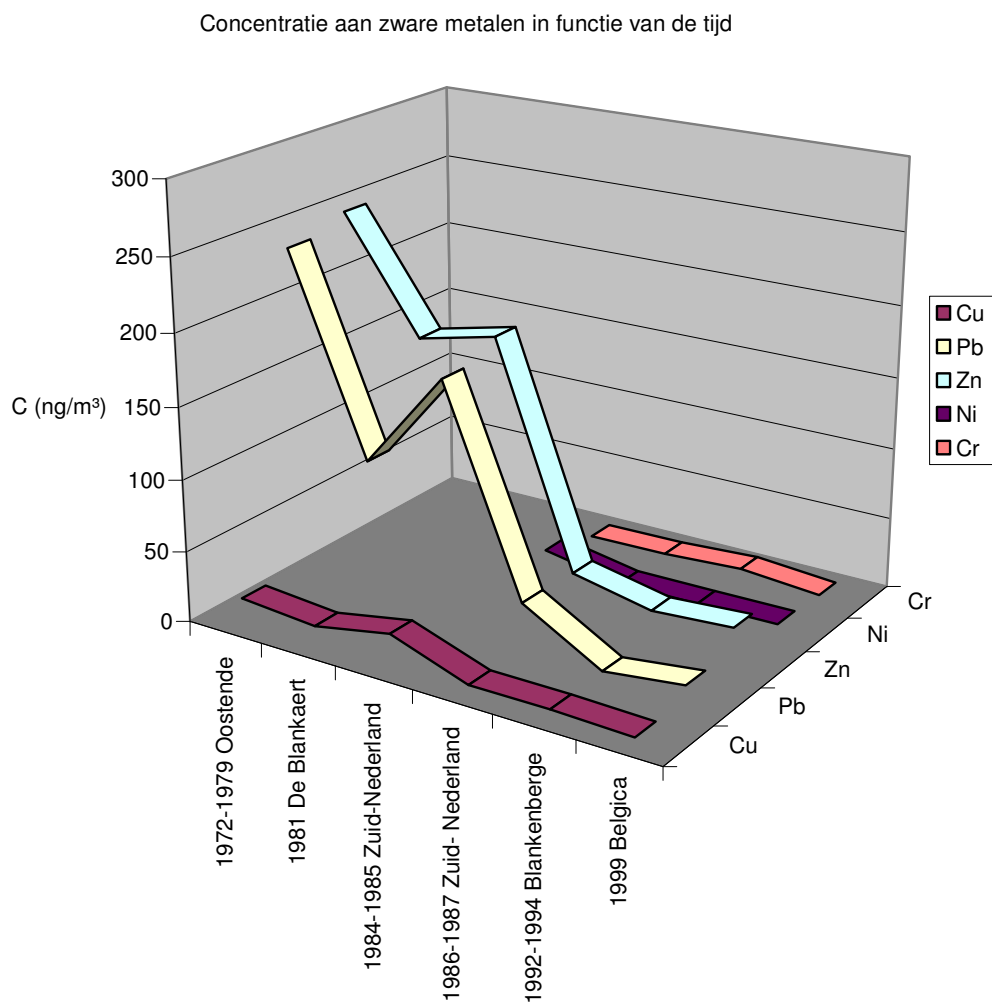
Uit de verschillende analyses kan men besluiten dat de luchtmassa de verschillende pollutanten over grote afstanden kan vervoeren. Eerder dan de afstand waarover de pollutanten vervoerd worden, is de verwijdering van de verschillende pollutanten door neerslag (wash-out) vermoedelijk de belangrijkste oorzaak van de variërende concentraties.

Langs de ene kant is er een zeer sterke correlatie tussen de verschillende continentale en anthropogene pollutanten, zoals de ammonium-, nitraat- en sulfaatconcentraties, langs de andere kant heeft men de variërende concentraties aan mariene componenten, zoals de natrium-, magnesium-, calcium- en kaliumionen. De fluctuaties van deze concentraties zijn te wijten aan de windsterkte, golfhoogte, afstand tot de branding, enz. waarbij de verschillende aerosolen gevormd worden.

Voor een aantal metalen zoals lood, koper, zink, nikkel en chroom werd er een gemiddelde berekend voor alle Belgica campagnes.

Deze gemiddelden werden vergeleken met vroegere resultaten gemeten aan de kust of boven de Noordzee. In de volgende grafiek wordt een tijdsverloop weergegeven van de verschillende campagnes, van begin de jaren zeventig tot eind de jaren negentig (Hoornaert et al., 1999).

S. Hoornaert., B. Treiger ; R. Van Grieken en R. Laane. 1999
Trend analysis of the published concentrations of heavy metals in aerosols above the North Sea and the English Channel for the period 1971-1994
Environ. Rev. 1999 7,4, 191-202



Figuur 11: Trend van de concentraties aan zware metalen boven de Noordzee.

Uit de Figuur blijkt duidelijk dat concentraties midden jaren tachtig zeer sterk gedaald zijn door de ontwikkeling van schonere industrie en het gebruik van loodvrije benzine. Sinds de jaren negentig zijn de concentraties ongeveer hetzelfde gebleven. De concentraties gemeten op de Belgica zijn voor koper en zink vergelijkbaar en voor lood ongeveer verdubbeld ten opzichte van de meetcampagne te Blankenberge van 1992 tot 1994. Een mogelijke verklaring hiervoor is echter dat te Blankenberge uitsluitend aanlandige wind is bemonsterd, wat in tegenstelling tot de stalen genomen op de Belgica, directe contaminatie van het land uitsluit.

III Meetresultaten en bespreking van de meetcampagnes te Adinkerke

III. 1 Meetcampagne 9 juni 2000 - 25 juli 2000

III.1.1 Filterstalen

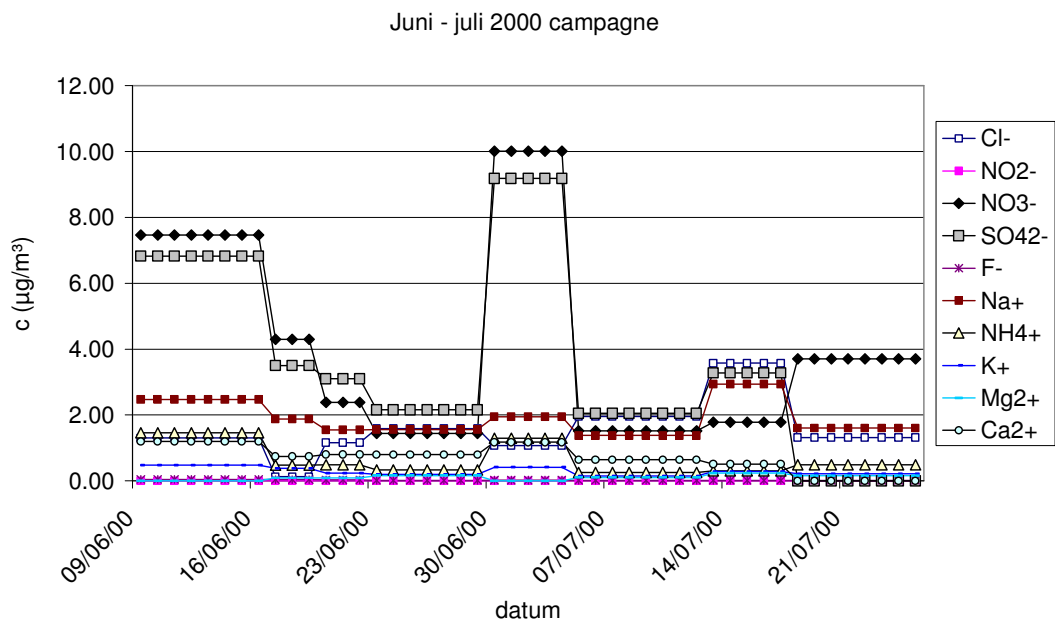
Er werden over de volledige meetperiode 8 filterstalen genomen, over een periode van drie tot acht dagen.

De daggemiddelde concentraties zijn weergegeven in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, opgenomen in Tabel III en weergegeven in Figuur 12.

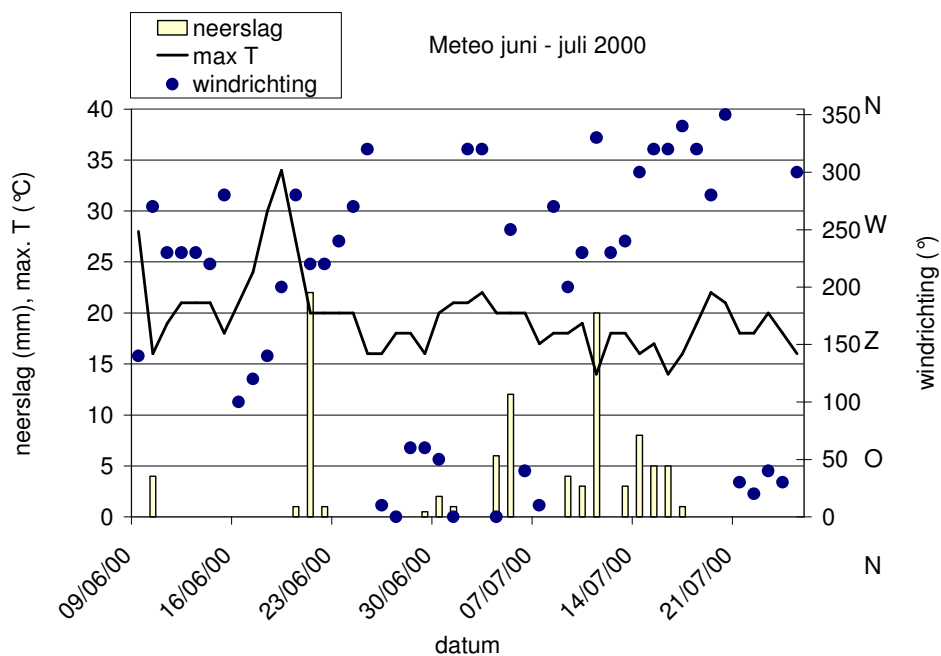
Tabel III : Meetresultaten van de verschillende filterstalen van de juni-juli 2000 campagne

Datum	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-	F-	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+
9-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
10-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
11-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
12-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
13-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
14-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
15-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
16-Jun-00	1.30	0.00	7.47	6.83	0.04	2.47	1.46	0.48	0.00	1.20
17-Jun-00	0.12	0.00	4.29	3.50	0.04	1.88	0.48	0.38	0.09	0.74
18-Jun-00	0.12	0.00	4.29	3.50	0.04	1.88	0.48	0.38	0.09	0.74
19-Jun-00	0.12	0.00	4.29	3.50	0.04	1.88	0.48	0.38	0.09	0.74
20-Jun-00	1.16	0.00	2.38	3.10	0.03	1.55	0.49	0.24	0.09	0.80
21-Jun-00	1.16	0.00	2.38	3.10	0.03	1.55	0.49	0.24	0.09	0.80
22-Jun-00	1.16	0.00	2.38	3.10	0.03	1.55	0.49	0.24	0.09	0.80
23-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
24-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
25-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
26-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
27-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
28-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
29-Jun-00	1.59	0.00	1.44	2.16	0.02	1.56	0.33	0.19	0.16	0.79
30-Jun-00	1.07	0.00	10.01	9.18	0.02	1.95	1.29	0.41	0.00	1.17
1-Jul-00	1.07	0.00	10.01	9.18	0.02	1.95	1.29	0.41	0.00	1.17
2-Jul-00	1.07	0.00	10.01	9.18	0.02	1.95	1.29	0.41	0.00	1.17
3-Jul-00	1.07	0.00	10.01	9.18	0.02	1.95	1.29	0.41	0.00	1.17
4-Jul-00	1.07	0.00	10.01	9.18	0.02	1.95	1.29	0.41	0.00	1.17
5-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
6-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
7-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
8-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
9-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
10-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
11-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
12-Jul-00	1.95	0.00	1.52	2.05	0.02	1.38	0.26	0.14	0.10	0.64
13-Jul-00	3.57	0.00	1.78	3.28	0.02	2.94	0.31	0.28	0.23	0.51

14-Jul-00	3.57	0.00	1.78	3.28	0.02	2.94	0.31	0.28	0.23	0.51
15-Jul-00	3.57	0.00	1.78	3.28	0.02	2.94	0.31	0.28	0.23	0.51
16-Jul-00	3.57	0.00	1.78	3.28	0.02	2.94	0.31	0.28	0.23	0.51
17-Jul-00	3.57	0.00	1.78	3.28	0.02	2.94	0.31	0.28	0.23	0.51
18-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
19-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
20-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
21-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
22-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
23-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
24-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
25-Jul-00	1.31	0.00	3.71	0.00	0.01	1.60	0.49	0.21	0.16	0.00
Componenten	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-	F-	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+
Gemiddelde	1.59	0.00	4.06	3.58	0.02	1.90	0.66	0.28	0.10	0.71

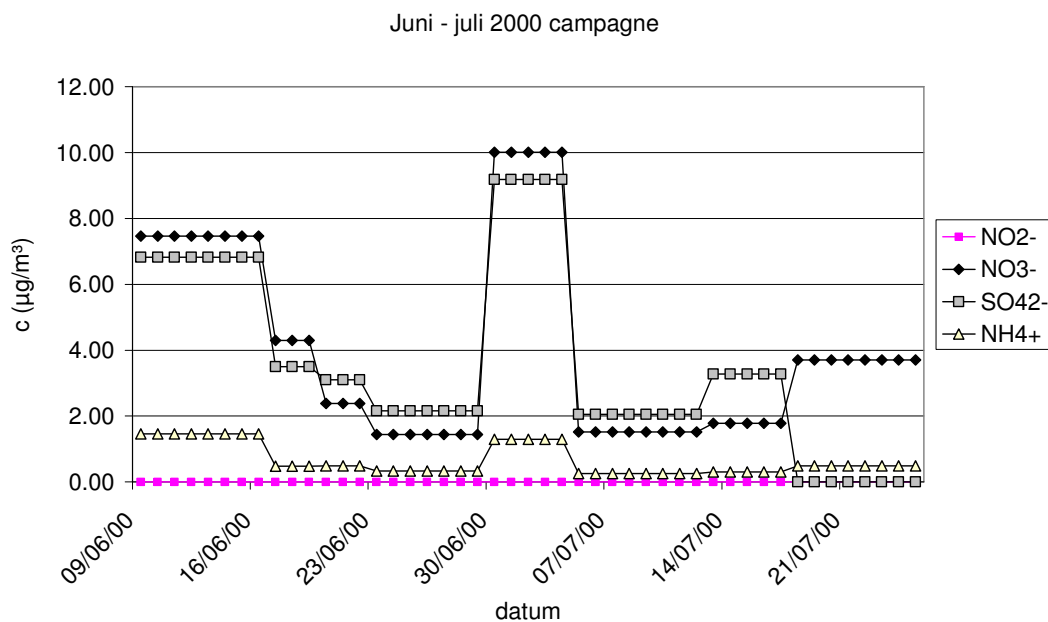


Figuur 12 : Concentraties van de verschillende filterstalen van de juni - juli 2000 campagne.



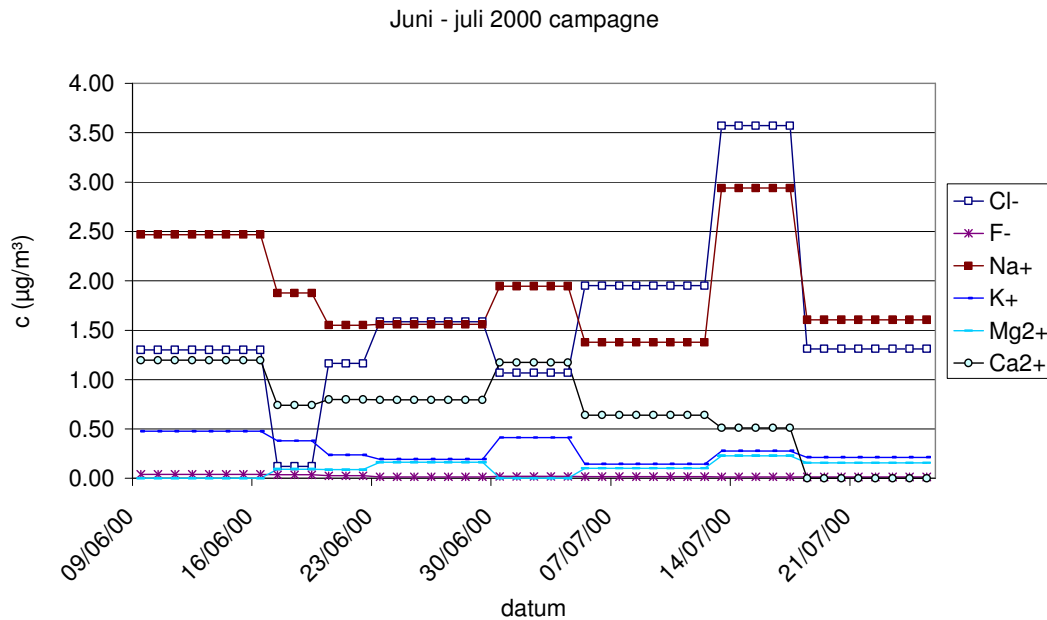
Figuur 13: Meteo meetcampagne juni - juli 2000.

Tijdens de bemonsteringscampagne juni - juli 2000 varieerde de maximale dagtemperatuur tussen de 14 en 34 °C, met een gemiddelde temperatuur van 18.5 °C. Er viel neerslag over 16 dagen, met een maximale dagelijkse neerslag van 22 mm. De wind kwam voornamelijk uit westelijke tot noordelijke richting.



Figuur 14 : Nitriet-, nitraat-, sulfaat-en ammoniumconcentraties tijdens de campagne juni - juli 2000

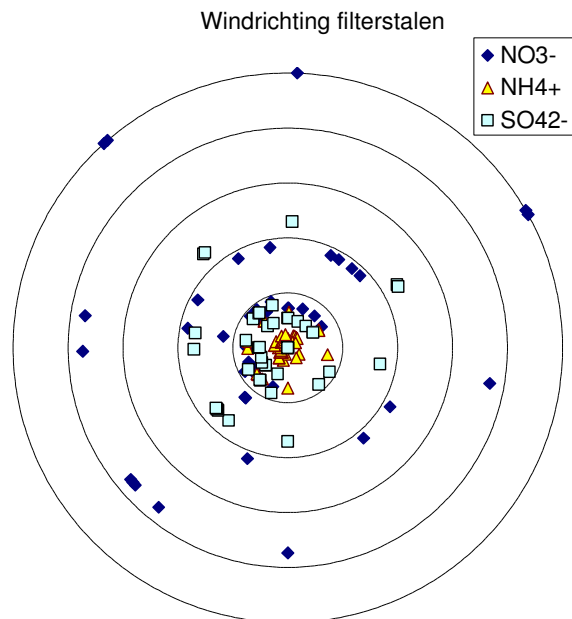
De hoogste concentraties aan nitraat, sulfaat en ammonium werden opgetekend tussen 30 juni en 4 juli. In die periode was er vrijwel geen neerslag (1 mm 30 juni, 2 mm 1 juli en 1 mm neerslag 2 juli) en kwam de wind voornamelijk uit noordelijke richting. Eveneens werden er ook hoge concentraties gemeten tussen 9 juni en 16 juni. Tijdens deze bemonstering was er enkel neerslag op 10 juni (4 mm) en kwam de wind voornamelijk uit het west-zuidwesten.



Figuur 15 : Chloride-, fluoride-, natrium-, kalium-, magnesium- en calciumconcentraties campagne juni - juli 2000.

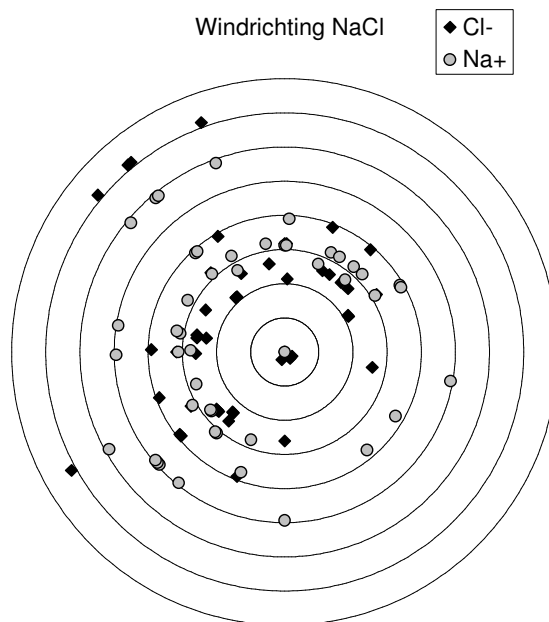
De hoogste concentratie aan zeezout werd bemonsterd tussen 13 en 17 juli. Dit was een periode met een noordwestelijke wind en een matige neerslag. In Figuur 13 is duidelijk te zien dat tijdens deze periode er lage concentraties zijn aan andere polluenten. Het gaat hier om een relatief propere luchtmassa, waarbij al het vuil is uitgeregend en waarbij de wind verse zeezoutaërosolen van over zee heeft aangevoerd.

Eveneens werden er hoge natriumconcentraties gemeten voor het eerste staal. Het lagere chloridegehalte wijst echter op een luchtmassa met een mariene oorsprong en een continentale invloed, waarbij de chloridefractie deels vervangen werd door andere componenten zoals sulfaat en nitraat. Dit merken we eveneens voor de periode van 30 juni tot 4 juli.



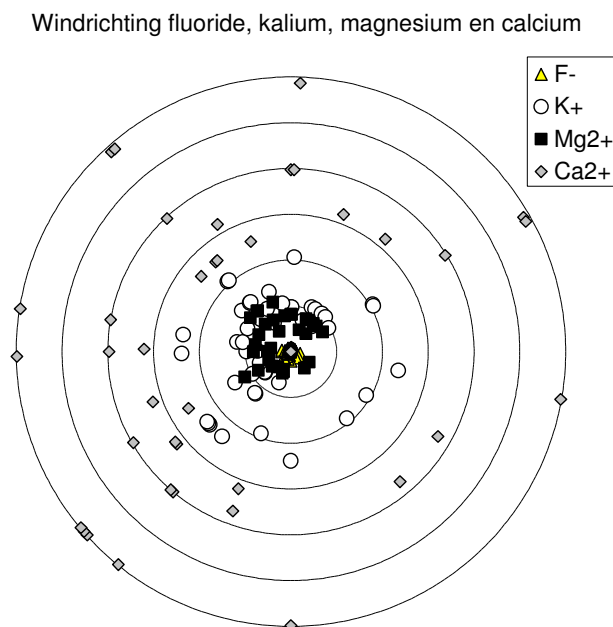
Figuur 16 : Windrichtingsafhankelijkheid van de nitraat-, ammonium- en sulfaatconcentraties.

Wanneer naar de windrichtingsafhankelijkheid van de verschillende componenten gekeken wordt, kan er voor deze periode geconcludeerd worden dat de concentraties aan nitraat, sulfaat en ammonium vrijwel even hoge maxima halen uit alle windrichtingen.



Figuur 17 : Windrichtingsafhankelijkheid van de zeezoutconcentratie.

De zeezoutconcentratie is hoger wanneer de wind afkomstig is uit het noordwesten en uit het west-zuidwesten. Wanneer de wind uit het zuidoosten komt, is de natriumconcentratie veel hoger dan de chloorconcentratie, wat wijst op secundaire natriumaërosolen. Hierbij is het chloor uit het zoutkristal vervangen door andere pollutanten, zoals nitraat, door reactie van het zout met bijvoorbeeld salpeterzuur. Voor de andere componenten, te zien in Figuur 16, is er eveneens een vrij homogene spreiding voor alle componenten.



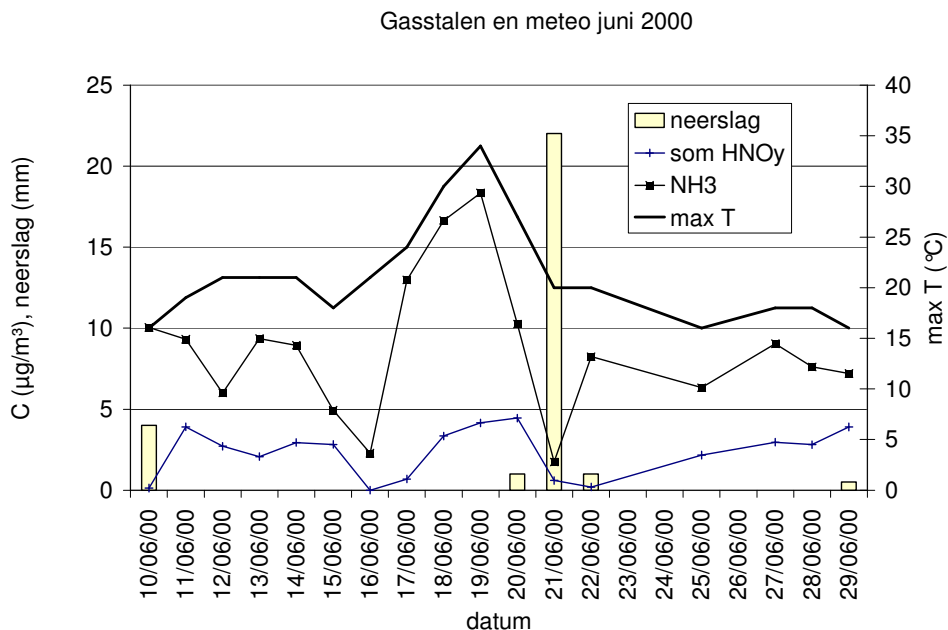
Figuur 18: Windrichtingsafhankelijkheid van de fluoride-, kalium-, magnesium- en calciumconcentraties.

III.1.2 Gasstalen

Over een periode van 20 dagen werden er 17 24-uurs gasstalen genomen. Op 23, 24 en 26 juni 2000 was de bemonstering om technische redenen mislukt. De resultaten van de bemonstering worden numeriek weergegeven in Tabel IV en grafisch in Figuur 19. Er werden steeds stalen genomen om de ammoniakconcentratie en de salpeterzuur- en salpeterigzuurconcentraties te bepalen. De laatste twee concentraties werden hier opgeteld omdat er op het denuderooppervlak onvermijdelijke oxidatiereacties optreden van salpeterigzuur naar salpeterzuur.

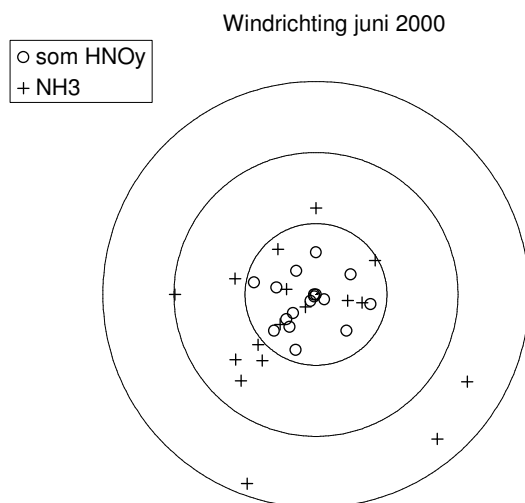
Tabel IV: Gasconcentraties juni 2000

Datum	Som salpeter- en salpeterigzuur	Ammoniak
10-Jun-00	0.13	9.92
11-Jun-00	3.91	5.40
12-Jun-00	2.72	3.29
13-Jun-00	2.07	7.28
14-Jun-00	2.94	6.00
15-Jun-00	2.82	2.11
16-Jun-00	0.00	2.28
17-Jun-00	0.69	12.3
18-Jun-00	3.35	13.3
19-Jun-00	4.15	14.2
20-Jun-00	4.45	5.80
21-Jun-00	0.60	1.15
22-Jun-00	0.20	8.05
25-Jun-00	2.17	4.17
27-Jun-00	2.96	6.07
28-Jun-00	2.81	4.80
29-Jun-00	3.90	3.30
Gemiddelde	2.34	6.44



Figuur 19: Gasconcentraties en meteo juni 2000.

Het schoonwassen van de lucht tijdens een regenbui is duidelijk geïllustreerd door de concentratieval van de verschillende componenten tijdens de regenbui op 21 juni. Hoge ammoniakconcentraties werden gemeten tijdens de warmste dagen, een vermoedelijk resultaat van evaporatie van ammoniumverbindingen uit de bodem en van het ontbinden van vluchtige ammoniumcomponenten in de atmosfeer zoals ammoniumnitraat en ammoniumchloride. De lage concentraties op 16 juni zijn te wijten aan een veranderende windrichting van westelijk naar zuidoostelijk.



Figuur 20 : Windrichtingsafhankelijkheid van de ammoniak, salpeterig- en salpeterzuurconcentraties.

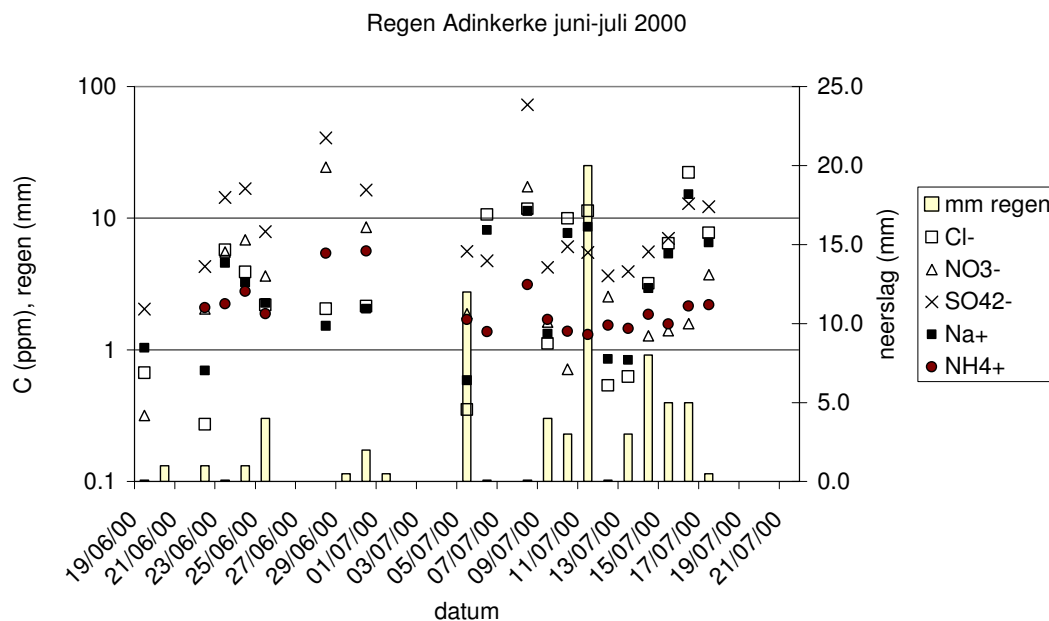
De concentratie aan salpeterzuur en salpeterigzuur is niet duidelijk windrichtingsafhankelijk, de concentratie aan ammoniak blijkt echter te pieken bij een wind komende van het zuidwesten tot het zuidoosten. Er moet echter wel opgemerkt worden dat tijdens het opmeten van deze hoge concentraties de temperatuur ook het hoogst was. De hoge ammoniakconcentraties zijn vermoedelijk afkomstig van de evaporatie van ammoniumcomponenten uit nabijgelegen agrarische gebieden.

III.1.3 Regenwaterstalen

In totaal werd er over zestien dagen regenwater gecollecteerd. De concentraties aan de verschillende polluenten staan in Tabel V uitgedrukt in ppm.

Tabel V: Concentraties van de verschillende polluenten in regenwater juni - juli 2000
(waarden in ppm)

Datum	F-	Cl-	NO3-	SO42-	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	mm neerslag
19-Jun	0.17	0.67	0.32	2.05	1.04		0.33	0.16	3.95	0.1
22-Jun	0.17	0.27	2.05	4.30	0.70	2.10	0.17	0.05	0.67	1.0
23-Jun	0.19	5.76	5.53	14.4	4.58	2.24	1.10	0.66	5.61	0.1
24-Jun	0.17	3.91	6.86	16.8	3.25	2.78	0.51	0.48	4.27	1.0
25-Jun	0.16	2.19	3.64	7.91	2.27	1.88	0.17	0.25	1.23	4.0
28-Jun	0.28	2.05	24.4	40.8	1.52	5.42	0.29	0.40	4.96	0.5
30-Jun	0.18	2.15	8.54	16.4	2.05	5.63	1.22	0.18	1.38	2.0
05-Jul	0.16	0.35	1.88	5.60	0.59	1.70	0.07	0.04	0.32	12.0
06-Jul	0.13	10.6		4.74	8.15	1.37	0.31	0.77	0.70	0.1
08-Jul	0.32	11.8	17.34	72.7	11.3	3.14	1.54	1.86	14.2	0.1
09-Jul	0.15	1.12	1.63	4.23	1.32	1.70	0.17	0.15	1.49	4.0
10-Jul	0.14	9.97	0.71	6.08	7.71	1.38	0.32	0.77	0.81	3.0
11-Jul	0.13	11.4		5.50	8.59	1.30	0.33	0.86	0.54	20.0
12-Jul	0.15	0.54	2.53	3.64	0.85	1.54	0.07	0.08	0.49	0.1
13-Jul	0.15	0.63		3.94	0.84	1.45	0.12	0.09	0.46	3.0
14-Jul	0.13	3.20	1.28	5.56	2.95	1.85	0.13	0.29	0.44	8.0
15-Jul	0.13	6.45	1.39	7.02	5.39	1.57	0.23	0.56	0.56	5.0
16-Jul	0.13	22.3	1.58	12.9	15.2	2.15	0.58	1.68	1.11	5.0
17-Jul	0.14	7.75	3.73	12.2	6.56	2.19	0.27	0.78	0.90	0.5



Figuur 21: Concentraties aan polluenten in het regenwater.

De hoogste concentraties in het regenwater kunnen deels verklaard worden door het uitwassen van de lucht.

Wanneer het regent na een lange, droge periode is de lucht quasi verzadigd met polluenten. Wanneer het dan regent wordt de lucht tijdens de eerste uren van de regenbui letterlijk schoongewassen (wash-out) en worden er zeer hoge concentraties opgemeten. Wanneer de regenbui echter zeer lang aanhoudt is de lucht reeds schoongewassen en zal het overige regenwater quasi ongepollueerd zijn, wat een verdunning van het reeds gecollecteerde regenwater oplevert.

III.2 Meetcampagne 4 december 2000 tot 3 januari 2001 en van 5 februari tot 2 Maart 2001

Deze meetcampagne werd opgedeeld in twee perioden, tijdens de maand januari 2001 werd er niet bemonsterd.

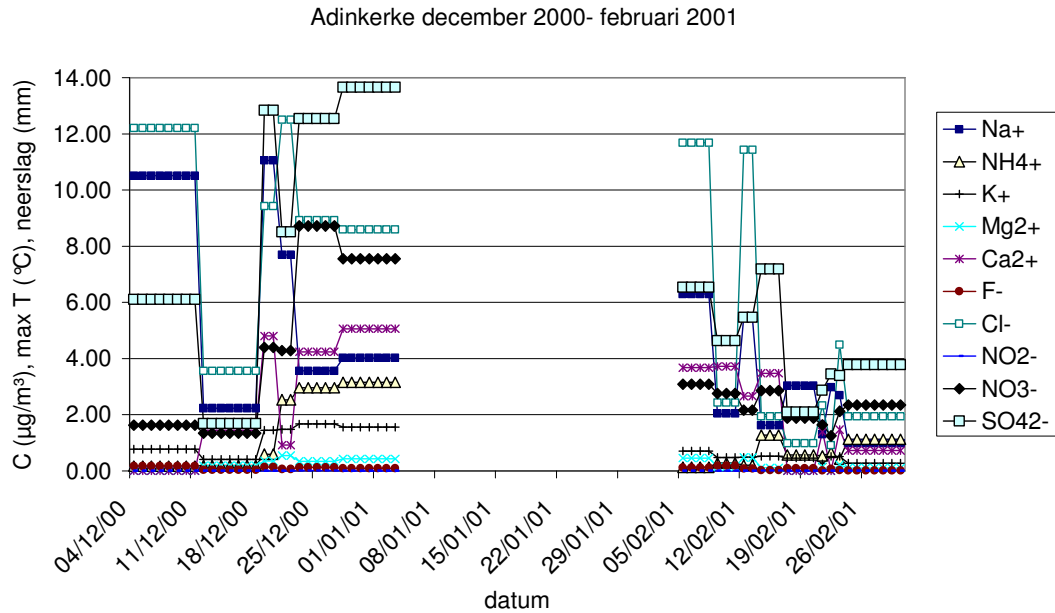
Tijdens de maand december 2000 werden er 6 stalen genomen over 2 tot 8 dagen. In het tweede gedeelte van deze campagne werden er 9 stalen genomen met een bemonsteringsduur van 1 tot 4 dagen.

III.2.1 Filterstalen

Tabel VI: Filterstalen van de december 2000 – maart 2001 campagne

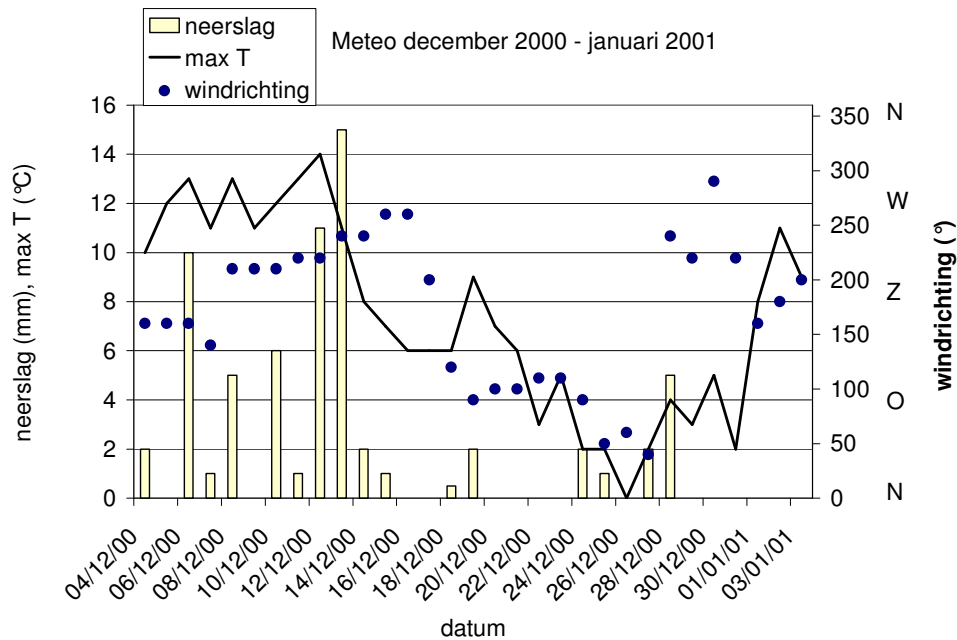
Datum	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	F-	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-
04/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
05/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
06/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
07/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
08/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
09/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
10/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
11/12/00	10.5	0.17	0.77	0.00	0.00	0.17	12.20	0.00	1.63	6.11
12/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
13/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
14/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
15/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
16/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
17/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
18/12/00	2.23	0.19	0.41	0.17	1.45	0.03	3.55	0.00	1.34	1.69
19/12/00	11.0	0.59	1.44	0.35	4.80	0.13	9.43	0.00	4.40	12.8
20/12/00	11.0	0.59	1.44	0.35	4.80	0.13	9.43	0.00	4.40	12.8
21/12/00	7.69	2.53	1.48	0.54	0.92	0.06	12.50	0.00	4.28	8.50
22/12/00	7.69	2.53	1.48	0.54	0.92	0.06	12.50	0.00	4.28	8.50
23/12/00	3.56	2.96	1.67	0.34	4.24	0.12	8.92	0.01	8.72	12.5
24/12/00	3.56	2.96	1.67	0.34	4.24	0.12	8.92	0.01	8.72	12.5
25/12/00	3.56	2.96	1.67	0.34	4.24	0.12	8.92	0.01	8.72	12.5
26/12/00	3.56	2.96	1.67	0.34	4.24	0.12	8.92	0.01	8.72	12.5
27/12/00	3.56	2.96	1.67	0.34	4.24	0.12	8.92	0.01	8.72	12.5
28/12/00	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
29/12/00	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
30/12/00	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
31/12/00	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
01/01/01	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
02/01/01	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
03/01/01	4.02	3.15	1.55	0.42	5.06	0.09	8.59	0.00	7.55	13.7
Component	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	F-	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-
Gemiddelde	5.90	1.48	1.10	0.25	2.52	0.10	8.74	0.00	4.39	8.44

05/02/01	6.30	0.13	0.70	0.45	3.67	0.11	11.7	0.00	3.08	6.54
06/02/01	6.30	0.13	0.70	0.45	3.67	0.11	11.7	0.00	3.08	6.54
07/02/01	6.30	0.13	0.70	0.45	3.67	0.11	11.7	0.00	3.08	6.54
08/02/01	6.30	0.13	0.70	0.45	3.67	0.11	11.7	0.00	3.08	6.54
09/02/01	2.04	0.28	0.47	0.14	3.71	0.19	2.42	0.00	2.75	4.64
10/02/01	2.04	0.28	0.47	0.14	3.71	0.19	2.42	0.00	2.75	4.64
11/02/01	2.04	0.28	0.47	0.14	3.71	0.19	2.42	0.00	2.75	4.64
12/02/01	5.47	0.20	0.48	0.47	2.66	0.08	11.4	0.00	2.15	5.46
13/02/01	5.47	0.20	0.48	0.47	2.66	0.08	11.4	0.00	2.15	5.46
14/02/01	1.62	1.27	0.52	0.11	3.48	0.03	1.94	0.00	2.85	7.19
15/02/01	1.62	1.27	0.52	0.11	3.48	0.03	1.94	0.00	2.85	7.19
16/02/01	1.62	1.27	0.52	0.11	3.48	0.03	1.94	0.00	2.85	7.19
17/02/01	3.04	0.56	0.45	0.00	0.00	0.09	0.99	0.00	1.87	2.09
18/02/01	3.04	0.56	0.45	0.00	0.00	0.09	0.99	0.00	1.87	2.09
19/02/01	3.04	0.56	0.45	0.00	0.00	0.09	0.99	0.00	1.87	2.09
20/02/01	3.04	0.56	0.45	0.00	0.00	0.09	0.99	0.00	1.87	2.09
21/02/01	1.30	0.53	0.25	0.14	1.40	0.01	2.32	0.00	1.63	2.87
22/02/01	2.97	0.65	0.51	0.00	0.00	0.06	0.91	0.00	1.24	3.45
23/02/01	2.69	0.42	0.51	0.22	1.46	0.02	4.49	0.00	2.12	3.40
24/02/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
25/02/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
26/02/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
27/02/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
28/02/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
01/03/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
02/03/01	0.98	1.12	0.27	0.10	0.72	0.01	1.94	0.00	2.34	3.78
Component	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	F-	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-
Gemiddelde	2.35	0.73	0.42	0.14	1.67	0.06	3.17	0.00	2.31	4.24



Figuur 22: Overzicht van de concentraties van de filterstalen.

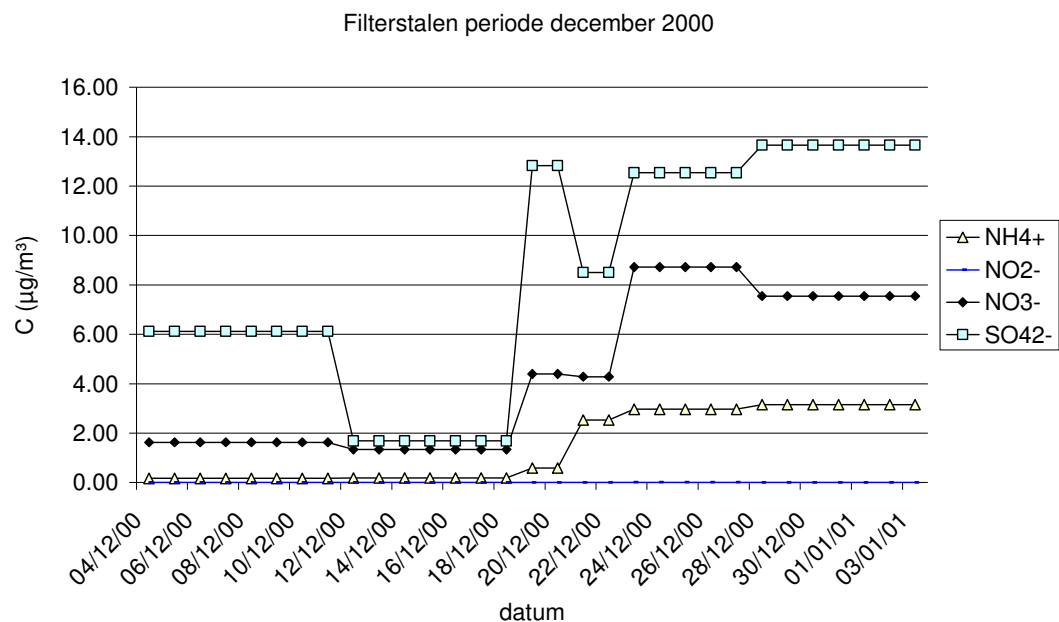
Figuur 22 geeft een overzicht van de opgetekende resultaten van de verschillende filterstalen. De meetcampagne wordt verder in meer detail en per periode behandeld.



Figuur 23: Meteo december 2000- januari 2001.

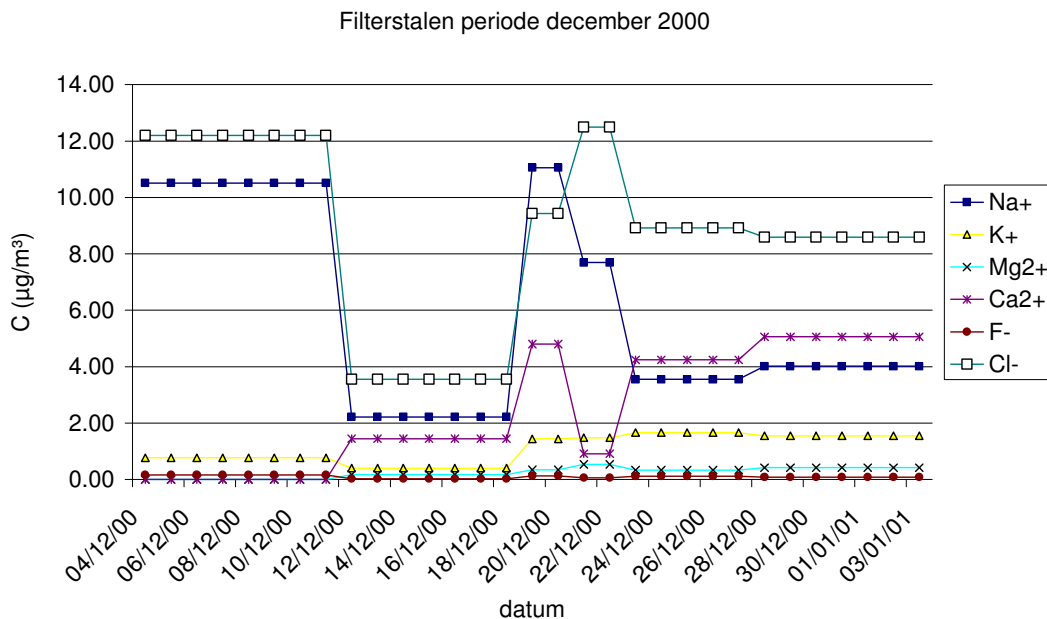
Tijdens het eerste deel van de bemonsteringscampagne, tot 5 januari, viel er op 16 dagen neerslag, met een zeer nat begin van de campagne. Tijdens het eerste deel van de maand overheerste er een zuid-zuidwestelijke wind, die ruimde naar het oosten,

met een sterke afkoeling tot gevolg. Begin januari kwam de wind terug uit het westen resulterend in mildere temperaturen.



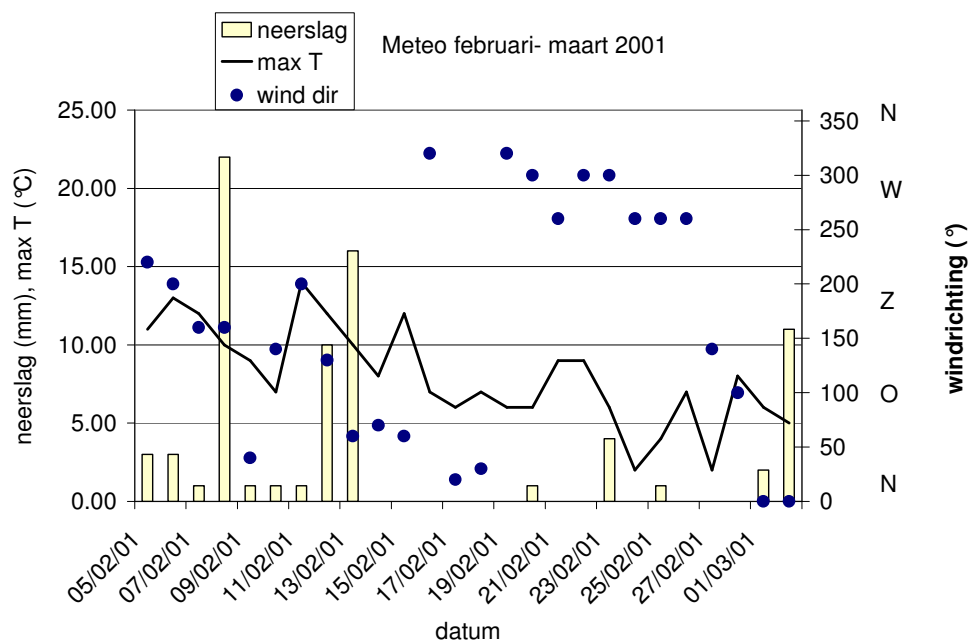
Figuur 24: Ammonium-, nitriet-, nitraat- en sulfaatconcentraties voor de periode december 2000 - januari 2001.

Tijdens het natte eerste gedeelte van de maand waren de concentratie van de diverse pollutanten uiteraard vrij laag, met de laagste concentraties van 12 december tot 18 december, een periode waarin 30 mm neerslag viel. Het tweede gedeelte van deze periode was het opmerkelijk droger, met hogere concentraties tot gevolg.



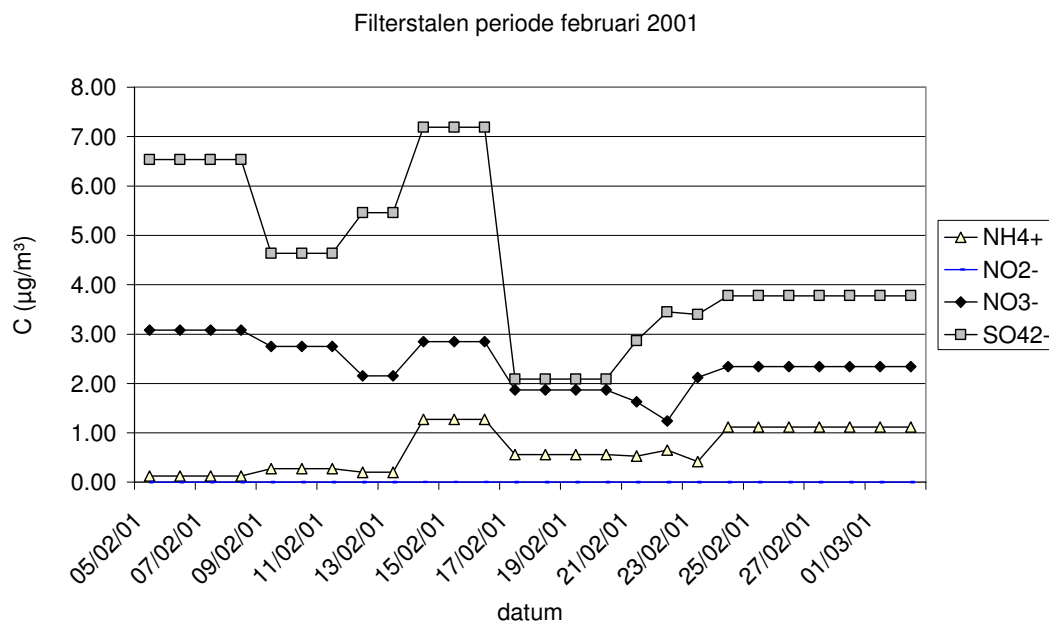
Figuur 25: Concentratie aan zeezout, kalium, magnesium, calcium en fluoride voor de periode december 2000 - januari 2001.

In het begin van de periode zien we zeer hoge concentraties aan zeezout, wat rechtstreeks kan verklaard worden door de verse aanvoer door de westenwind van over zee terwijl alle andere polluenten reeds uitgewassen werden. In het tweede gedeelte van de periode stijgt de concentratie aan elementen door de drogere weersomstandigheden.



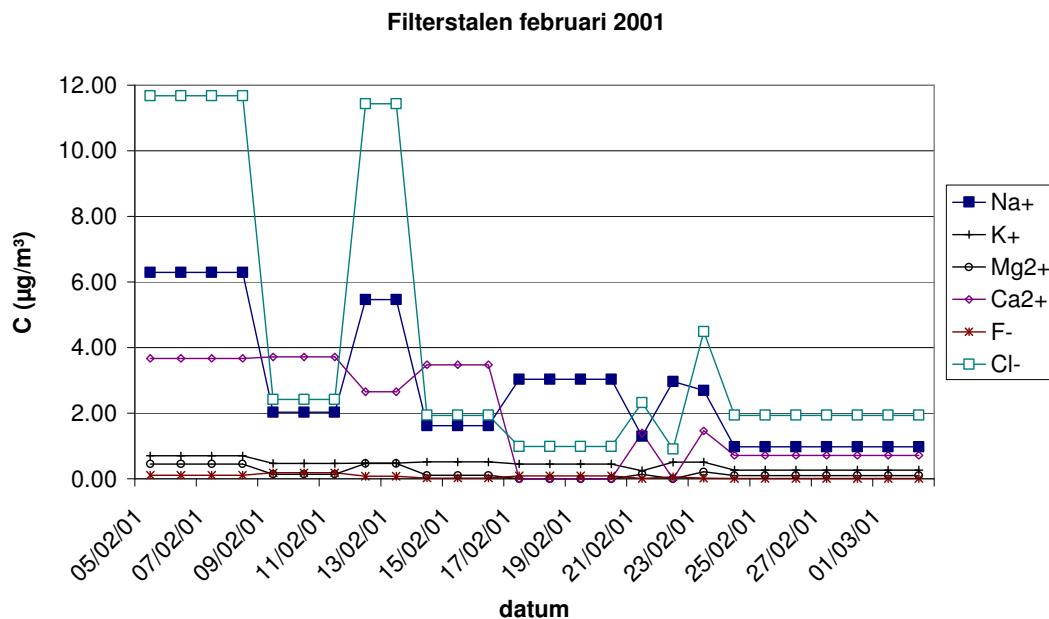
Figuur 26: Meteo februari - maart 2001.

Het eerste gedeelte van februari was zeer nat met een wind vanuit het zuidwesten, draaiend naar het noorden tot het westen in het tweede gedeelte van deze periode.



Figuur 27: Concentratie aan ammonium, nitriet, nitraat en sulfaat voor de periode februari 2001.

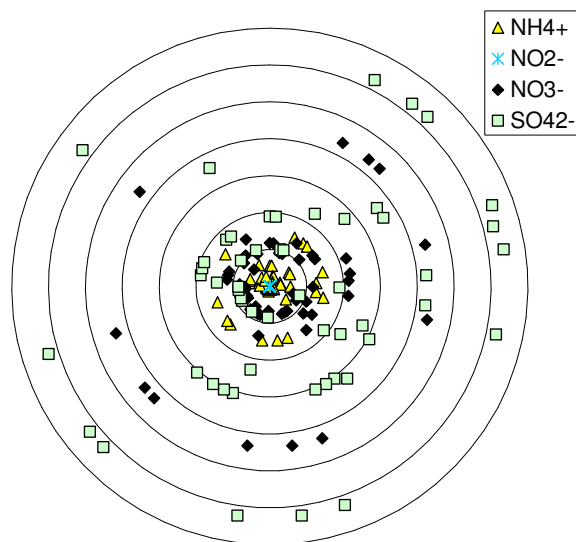
De hoogste concentraties aan sulfaat werden opgemeten in het eerste gedeelte van deze periode, wat, ondanks de hoge neerslag, een rechtstreeks gevolg is van de zuidelijke tot oostelijke windrichting. De sulfaatconcentraties dalen zeer sterk in het midden van de campagne, een periode dat de wind van het noorden kwam.



Figuur 28: Concentratie aan zeezout, kalium, magnesium, calcium en fluoride voor de periode februari- maart 2001.

Ondanks de zuidelijke tot oostelijke windrichting in het begin van de campagne heeft de windmassa, door de hoge zoutconcentratie, zeker een mariene origine. Tijdens het tweede gedeelte van de campagne blijven de concentraties aan de verschillende zoutcomponenten laag.

Windrichtingsafhankelijkheid van de filterstalen voor de periode december- maart



Figuur 29: Windrichtingsafhankelijkheid van de ammonium-, nitriet-, nitraat en sulfaatconcentraties.

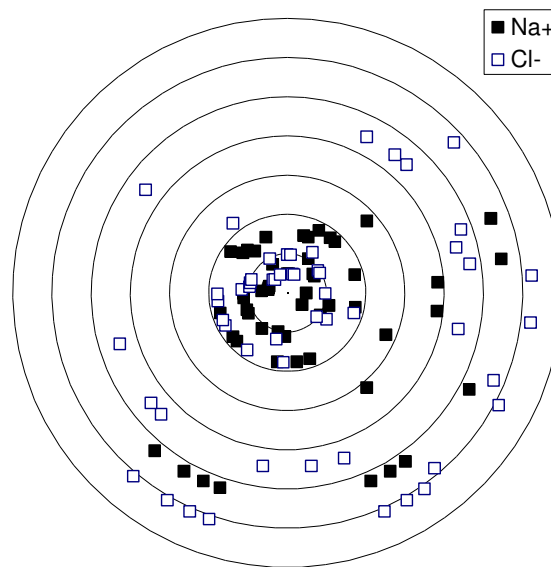
Er kan voor de meeste componenten een vrij algemene verdeling van de concentraties in functie van de windrichting vastgesteld worden. De sulfaat- en nitraatconcentraties zijn echter duidelijk lager wanneer de wind afkomstig is van het westen tot het noorden.

Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de bijdrage aan nitraat- en sulfaatfractie vooral bestaat uit natriumnitraat en -sulfaat. Deze deeltjes zijn groter dan de respectievelijke ammoniumverbindingen, waardoor ze minder lange afstanden kunnen afleggen, en waardoor ze ook niet van overzee komen.

Een andere mogelijke verklaring wordt gegeven doordat de westelijke wind meestal veel neerslag met zich meebrengt, waardoor de pollutanten uit de lucht gewassen werden.

Een laatste mogelijke verklaring bestaat erin dat de westelijk tot noordelijk wind een lange mariene weg heeft afgelegd, en weinig pollutanten heeft aangevoerd. Deze verklaring wordt ook door de meteorologische gegevens gestaafd.

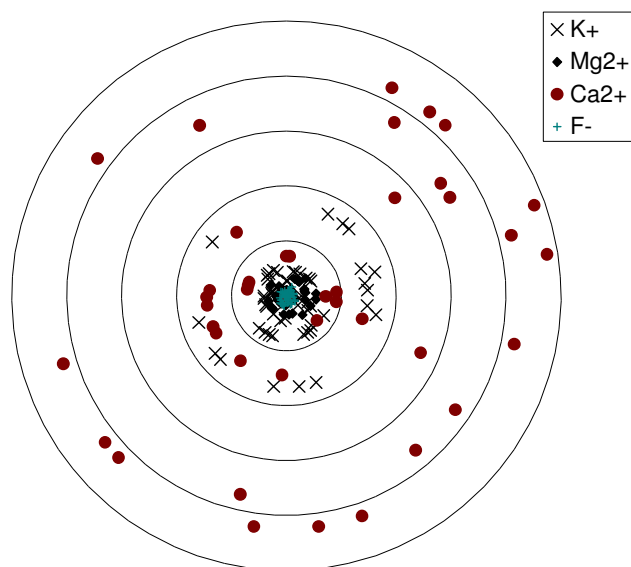
Windrichtingsafhankelijkheid van de filterstalen voor de periode december- maart



Figuur 30: Windrichtingsafhankelijkheid van de zeezoutconcentraties.

De relatief grote chlorideconcentratie verklaart dat de gecollecteerde natrium en chloride fractie nog uit primaire zeezoutaerosolen bestaat. De windrichting geeft echter aan dat de grootste concentraties gemeten werden wanneer de wind van over land kwam. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de westelijke tot noordelijk wind voornamelijk zeer nat zal geweest zijn, waardoor het zeezout uit de lucht gewassen werd. Dit zelfde verhaal geldt eveneens voor de andere componenten. Zoals reeds vermeld bij Figuur 25 heeft de mariene lucht vermoedelijk weinig continentale invloed ondervonden en is daardoor onbezoedeld gebleven.

Windrichtingsafhankelijkheid van de filterstalen voor de periode december- maart



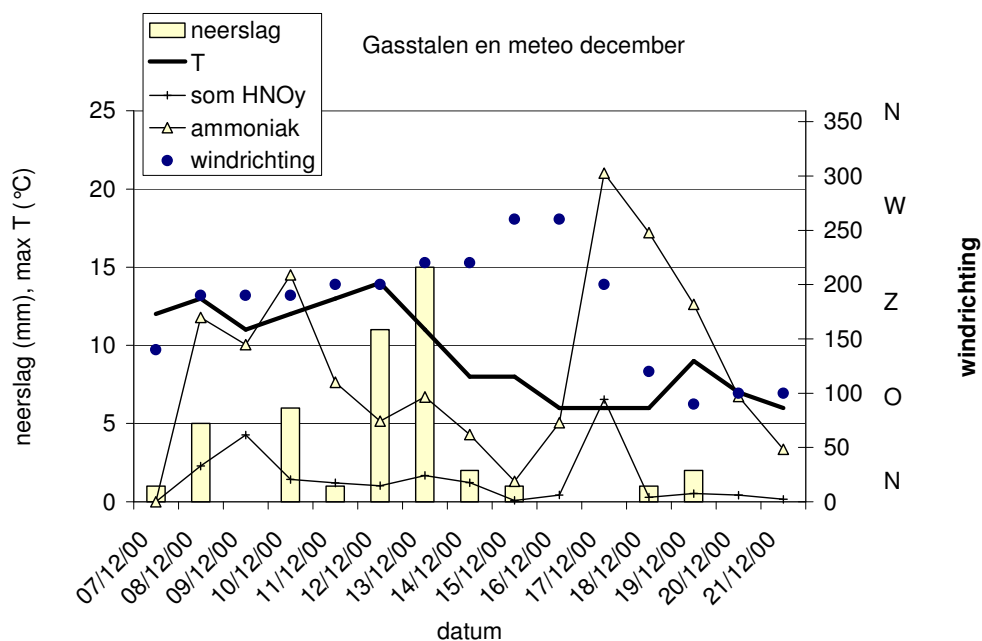
Figuur 31: Windrichtingsafhankelijkheid van de kalium-, magnesium-, calcium- en fluorideconcentraties.

III.2.2 Gasstalen

Tijdens de bemonsteringsperiode van december 2000 tot maart 2001 werden er over een periode 15 opeenvolgende dagen gasen bemonsterd (zie Tabel VII en Figuur 32).

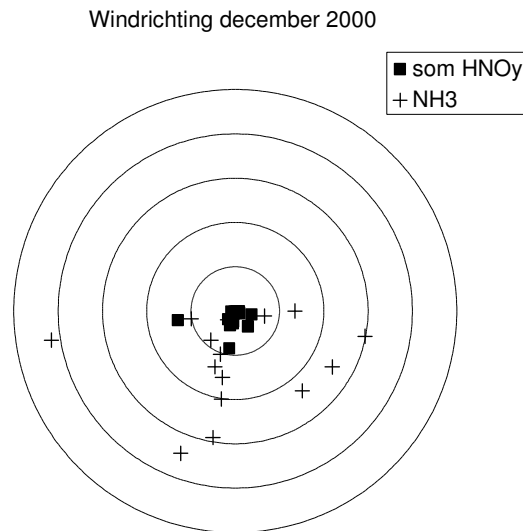
Tabel VII: Gasconcentraties

Datum	Som HNOy	NH3
07-Dec-00	2.28	11.8
08-Dec-00	4.27	10.1
09-Dec-00	1.42	14.5
10-Dec-00	1.21	7.64
11-Dec-00	1.03	5.17
12-Dec-00	1.69	6.70
13-Dec-00	1.23	4.29
14-Dec-00	0.09	1.31
15-Dec-00	0.45	5.06
16-Dec-00	6.54	21.0
17-Dec-00	0.29	17.2
18-Dec-00	0.53	12.6
19-Dec-00	0.43	6.73
20-Dec-00	0.16	3.35
21-Dec-00	1.90	14.9
Gemiddelde	1.57	9.49



Figuur 32: Meteo december 2000.

Ondanks de regen en koude temperaturen worden er nog steeds zeer hoge ammoniakwaarden teruggevonden tijdens de eerste helft van december. De ammoniakconcentraties bereiken hun hoogste waarde op 17 december, wanneer het is opgehouden met regenen en wanneer de wind uit het zuiden kwam.



Figuur 33: Windrichtingsafhankelijkheid van de ammoniak-, salpeterig- en salpeterzuurconcentraties.

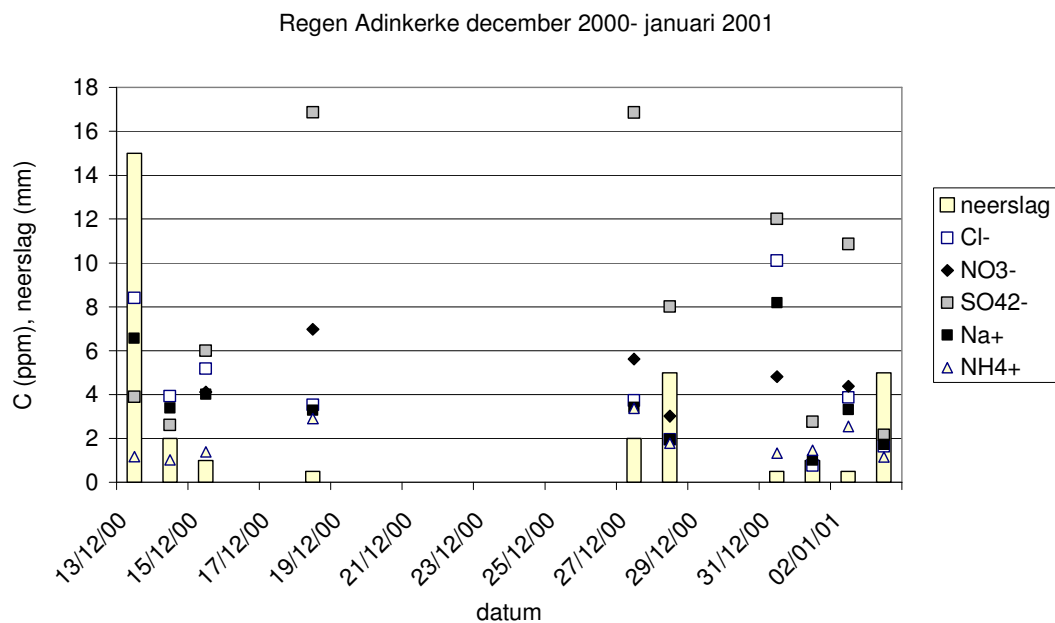
De concentratie aan salpeterzuur en salpeterig zuur bereikt maxima wanneer de wind uit het zuiden of uit het westen komt. De maxima voor ammoniak zijn echter duidelijker te onderscheiden vanuit het westen tot het zuidoosten.

III.2.3 Regenwaterstalen

Tabel VIII : Regenwaterstalen van de december 2000 - januari 2001 campagne (eenheden in ppm)

Datum	F-	Cl-	NO3-	SO42-	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	mm neerslag
13-Dec	0.12	8.40		3.90	6.56	1.17	0.65	0.71	1.21	15
14-Dec	0.13	3.93		2.62	3.39	1.03	0.13	0.36	1.91	2
15-Dec	0.19	5.19	4.12	5.99	4.01	1.40		0.50	4.22	1
18-Dec	0.23	3.54	6.97	16.9	3.29	2.92		0.40	5.62	0.5
27-Dec	0.19	3.73	5.62	16.9	3.43	3.37		0.47	4.27	2
28-Dec	0.15	1.96	3.02	8.01	1.94	1.79	0.09	0.27	2.57	5
31-Dec	0.23	10.1	4.82	12.0	8.18	1.34	0.40	0.80	9.00	0.5
01-Jan	0.15	0.78		2.76	1.01	1.47	0.06	0.11	1.26	1
02-Jan	0.22	3.87	4.38	10.9	3.31	2.55	0.29	0.37	5.44	0.5
03-Jan	0.13	1.65		2.16	1.73	1.15	0.08	0.18	1.03	5

Tijdens de maand december en januari werden er elf regenwaterstalen geïncolteerd. Ook hier is de concentratie in het regenwater afhankelijk van droge periodes voor de regenval en de hoeveelheid regen.



Figuur 34: Concentraties aan pollutanten in het regenwater.

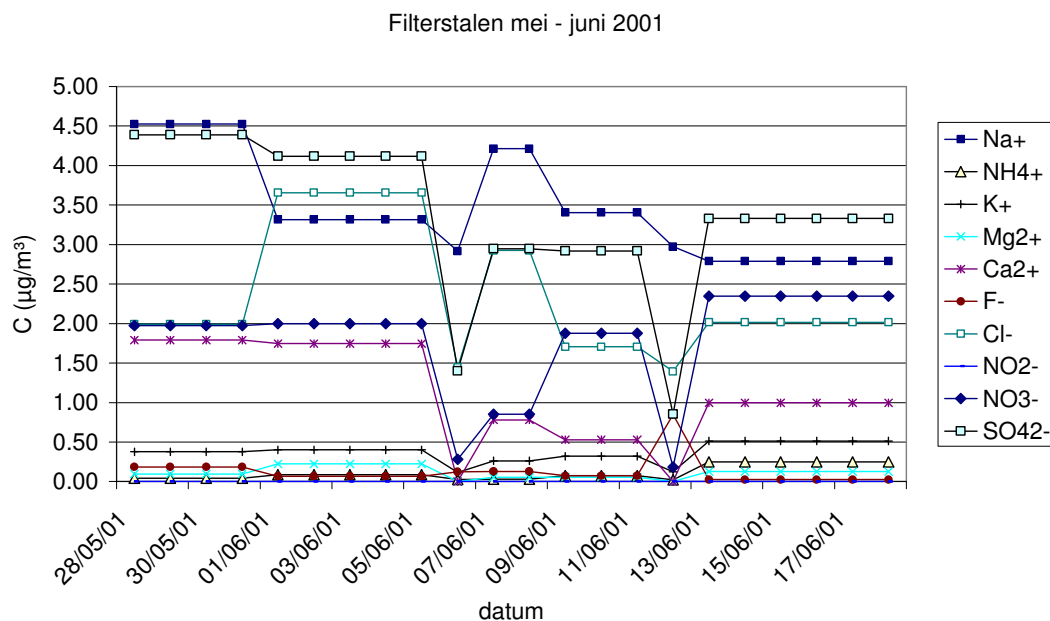
III.3 Meetcampagne 28 mei 2001 - 18 juni 2001

III.3.1 Filterstalen

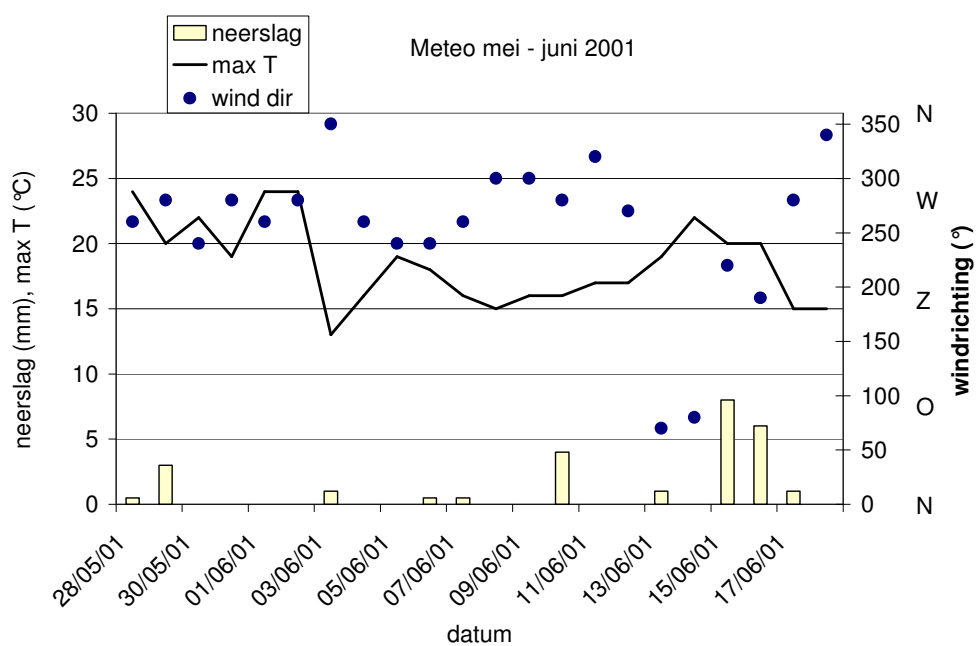
Tijdens de mei - juni campagne werden er 6 verschillende stalen genomen over een periode van 1 tot 7 dagen.

Tabel IX: Filterstalen campagne mei - juni 2001 (eenheden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Datum	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	F-	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-
28/05/01	4.52	0.04	0.38	0.10	1.79	0.19	1.99	0.00	1.97	4.39
29/05/01	4.52	0.04	0.38	0.10	1.79	0.19	1.99	0.00	1.97	4.39
30/05/01	4.52	0.04	0.38	0.10	1.79	0.19	1.99	0.00	1.97	4.39
31/05/01	4.52	0.04	0.38	0.10	1.79	0.19	1.99	0.00	1.97	4.39
01/06/01	3.32	0.09	0.40	0.22	1.75	0.07	3.66	0.00	2.00	4.12
02/06/01	3.32	0.09	0.40	0.22	1.75	0.07	3.66	0.00	2.00	4.12
03/06/01	3.32	0.09	0.40	0.22	1.75	0.07	3.66	0.00	2.00	4.12
04/06/01	3.32	0.09	0.40	0.22	1.75	0.07	3.66	0.00	2.00	4.12
05/06/01	3.32	0.09	0.40	0.22	1.75	0.07	3.66	0.00	2.00	4.12
06/06/01	2.92	0.03	0.12	0.00	0.00	0.12	1.44	0.00	0.28	1.40
07/06/01	4.21	0.03	0.26	0.05	0.78	0.13	2.93	0.00	0.85	2.95
08/06/01	4.21	0.03	0.26	0.05	0.78	0.13	2.93	0.00	0.85	2.95
09/06/01	3.41	0.07	0.32	0.06	0.53	0.07	1.71	0.00	1.88	2.92
10/06/01	3.41	0.07	0.32	0.06	0.53	0.07	1.71	0.00	1.88	2.92
11/06/01	3.41	0.07	0.32	0.06	0.53	0.07	1.71	0.00	1.88	2.92
12/06/01	2.97	0.02	0.12	0.00	0.00	0.85	1.39	0.00	0.18	0.86
13/06/01	2.79	0.25	0.51	0.13	1.00	0.03	2.02	0.00	2.35	3.33
14/06/01	2.79	0.25	0.51	0.13	1.00	0.03	2.02	0.00	2.35	3.33
15/06/01	2.79	0.25	0.51	0.13	1.00	0.03	2.02	0.00	2.35	3.33
16/06/01	2.79	0.25	0.51	0.13	1.00	0.03	2.02	0.00	2.35	3.33
17/06/01	2.79	0.25	0.51	0.13	1.00	0.03	2.02	0.00	2.35	3.33
18/06/01	2.79	0.25	0.51	0.13	1.00	0.03	2.02	0.00	2.35	3.33
Componenten	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	F-	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-
Gemiddelde	3.45	0.11	0.38	0.12	1.14	0.12	2.37	0.00	1.81	3.41

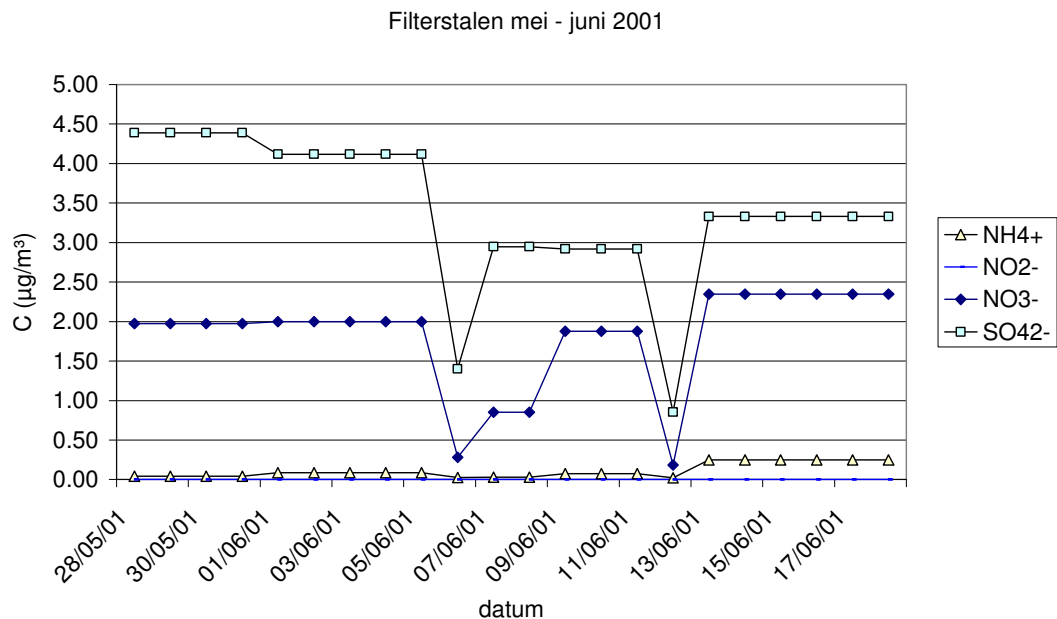


Figuur 35: Concentraties van de verschillende filterstalen van de mei - juni 2001 campagne.



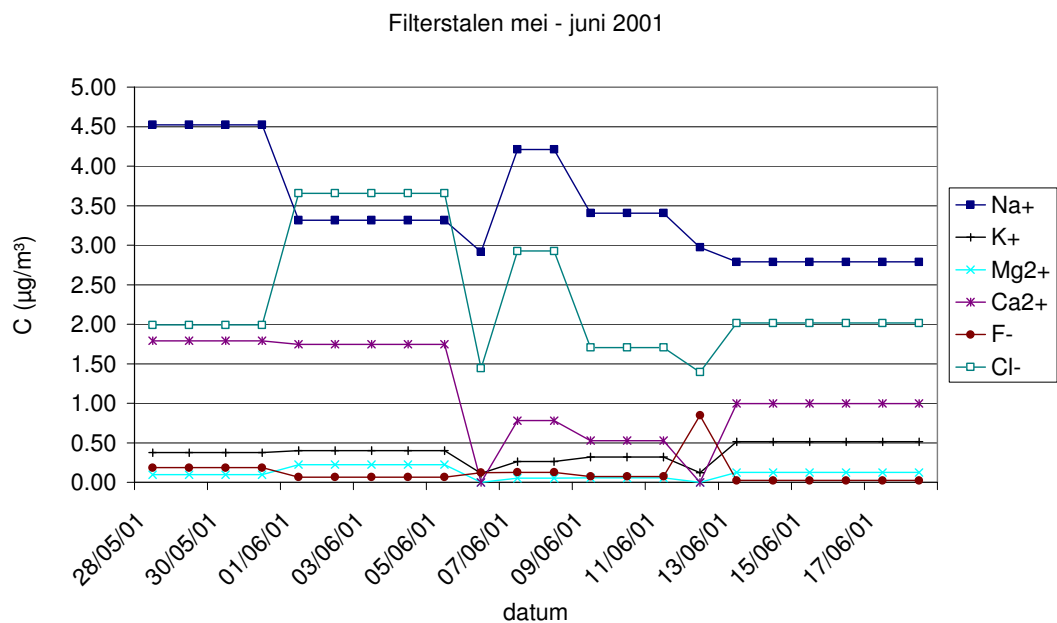
Figuur 36: Meteo meetcampagne mei - juni 2001.

Tijdens de periode mei - juni schommelde de maximum temperatuur tussen de 13 en 25 °C. De wind waaide voornamelijk uit westelijke tot noordwestelijke richting. Het was gedurende deze periode voornamelijk droog, met een aantal buien verspreid over de periode.



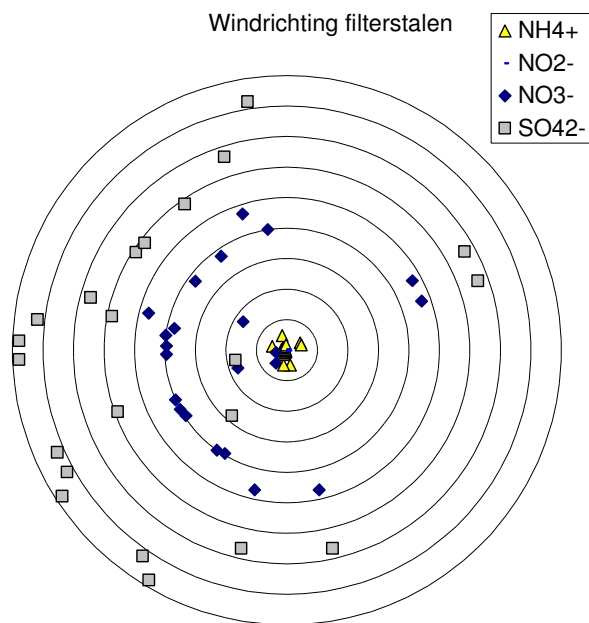
Figuur 37: Concentraties aan nitraat-, nitriet-, ammonium- en sulfaataërosolen.

Tijdens deze periode is de concentratie aan nitraat- en ammoniumaerosolen relatief laag. De lage dagconcentraties op 6 juni zijn te wijten aan de neerslag. De lage dagconcentraties op 12 juni zijn vermoedelijk ook te wijten aan neerslag.



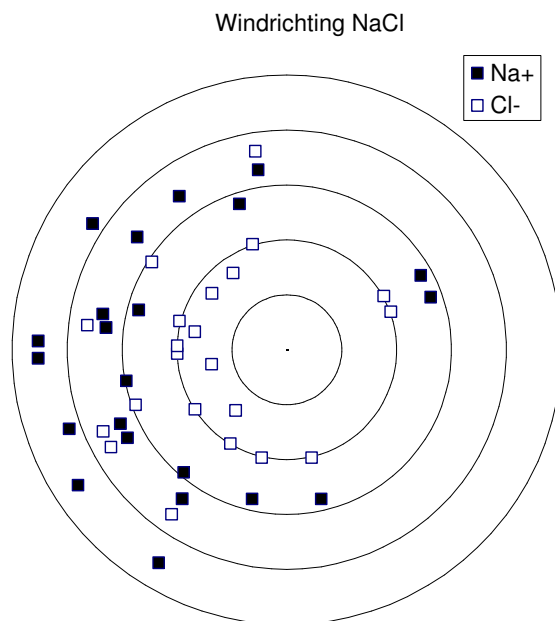
Figuur 38: Concentraties aan zoutionen.

De hogere natriumconcentraties ten opzichte van de chlorideconcentraties bij het eerste staal duiden op een mariene oorsprong met een continentale invloed. De rest van de campagne zijn er steeds stalen bemonsterd met een sterke mariene invloed.



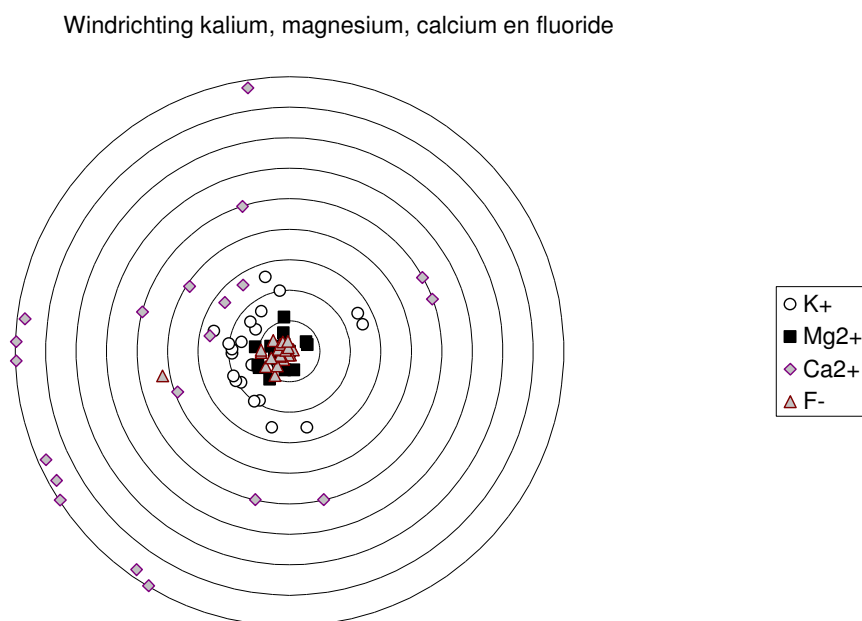
Figuur 39: Windrichtingsafhankelijkheid van de nitraat-, ammonium- en sulfaatconcentraties.

De hoogste sulfaat- en nitraatconcentraties zijn afkomstig uit het westen tot het zuiden, de ammoniumconcentraties zijn laag over de gehele periode.



Figuur 40: Windrichtingsafhankelijkheid van de zeezoutconcentratie.

De lagere chloride ten opzichte van natriumconcentraties duiden hier op vooral secundaire aërosolen.



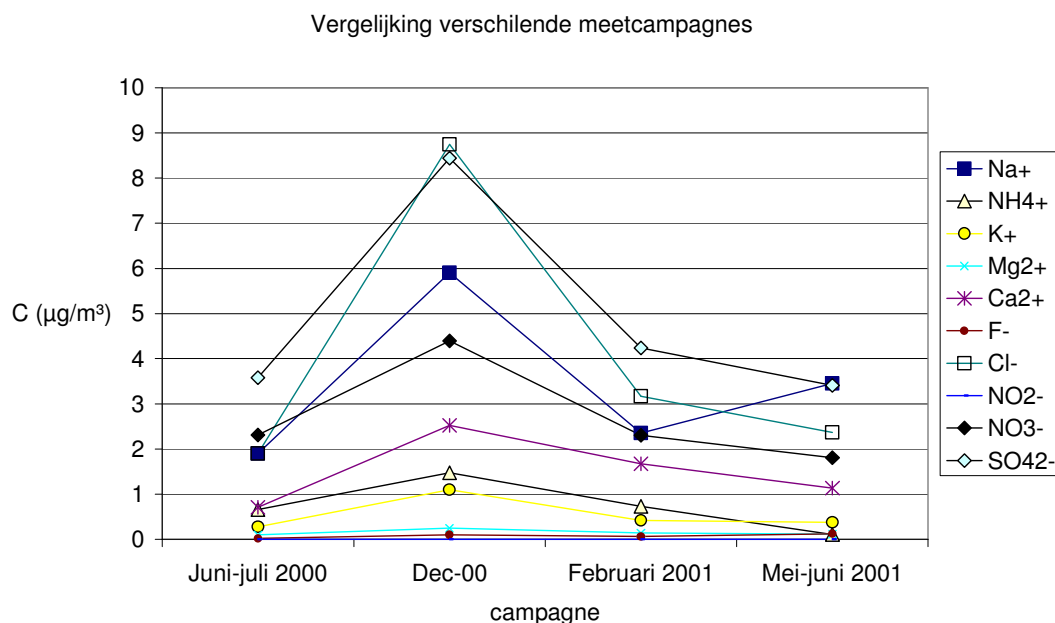
Figuur 41: Windrichtingsafhankelijkheid van de kalium-, magnesium-, calcium- en fluorideconcentraties.

III.4 : Conclusie meetcampagnes te Adinkerke

Tabel X: Vergelijking van de gemiddelde concentraties van de verschillende Campagnes

Componenten	Na+	NH4+	K+	Mg2+	Ca2+	F-	Cl-	NO2-	NO3-	SO42-
Juni - juli 2000	1.90	0.66	0.28	0.10	0.71	0.02	1.90	0.00	2.31	3.58
December 2000	5.90	1.48	1.10	0.25	2.52	0.10	8.74	0.00	4.39	8.44
Februari 2001	2.35	0.73	0.42	0.14	1.67	0.06	3.17	0.00	2.31	4.24
Mei - juni 2001	3.45	0.11	0.38	0.12	1.14	0.12	2.37	0.00	1.81	3.41

Wanneer de pollutie van de verschillende meetcampagnes vergeleken wordt is het zeer duidelijk waarneembaar dat tijdens de wintermaanden de concentraties algemeen hoger liggen. Zowel de concentraties aan zeezoutaërosolen als de concentraties aan anthropogene en continentale polluenten ligt een factor twee hoger in vergelijking met de zomermaanden. Ook kan opgemerkt worden dat de concentraties voor de twee meetcampagnes tijdens de lentemaanden vergelijkbaar is.



Figuur 42: Vergelijking van de pollutie tussen de verschillende meetcampagnes.

De concentraties van de verschillende filterstalen blijken meestal in sterke mate afhankelijk te zijn van de neerslag. Slechts in een aantal gevallen kan men een duidelijke windrichtingsafhankelijkheid aantonen.

De concentraties aan sulfaat- en nitraat bleken lager te zijn bij westelijke tot noordelijk wind in tegenstelling tot de natrium - en chlorideconcentraties.

De verhoudingen van de verschillende componenten onderling kunnen echter wel informatie verschaffen over de oorsprong van en invloeden op de bemonsterde

luchtmassa. Zo kan er een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen een continentale of mariene invloed of oorsprong.

Tabel XI: Vergelijking van de gasstalen van de verschillende campagnes

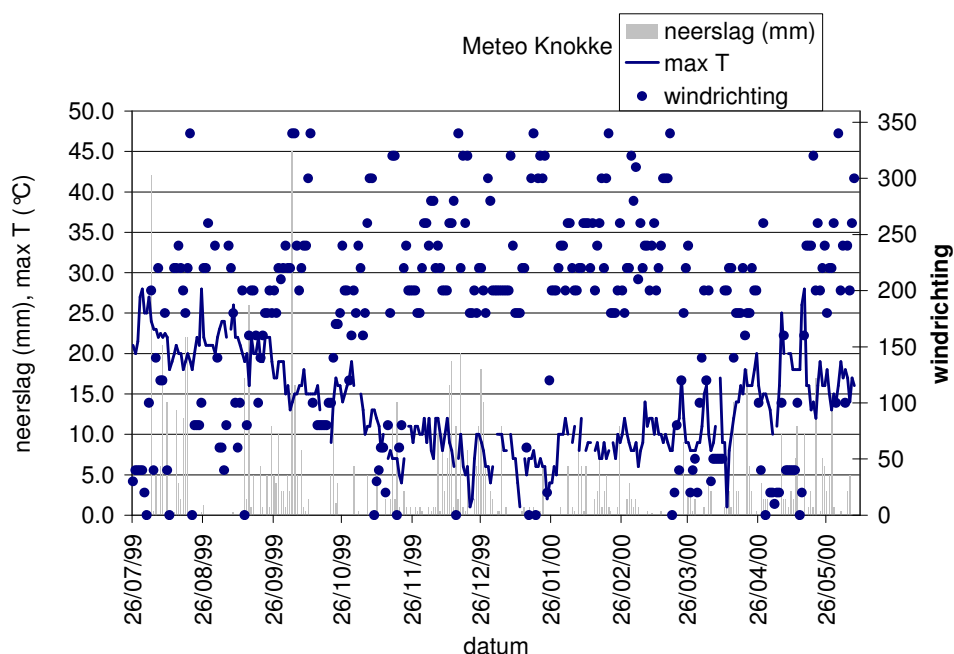
Periode	Salpeter- en salpeterigzuur	Ammoniak
Juni 2000	2.34	6.44
December 2000	1.57	9.49

De concentratie aan salpeter- en salpeterigzuur is vergelijkbaar voor de verschillende campagnes. Ondanks de koudere temperaturen en de hogere neerslagwaarden is de concentratie aan ammoniak hoger voor de maand december. Dit is mogelijk te verklaren door de algemene hogere pollutie tijdens de wintermaanden en een mogelijke periode van inversie, waarbij de luchtmassa weinig ververst wordt en de pollutanten accumuleren in de luchtlaag.

Wanneer de daggemiddelden vergeleken worden is de concentratie zeer sterk gecorreleerd met de temperatuur en de neerslag. Tijdens een regenbui kan de concentratie aan het sterk oplosbare ammoniakgas drastisch dalen. De hoogste ammoniakconcentraties werden opgetekend tijdens droge en warme perioden, met een wind komende van het zuid-zuidwesten tot het zuidoosten. Hierbij blijkt de evaporatie van ammoniak uit de bodem van nabij gelegen agrarische gebieden een voor de hand liggende verklaring te zijn. De rechtstreekse invloed van ammoniak-puntbronnen uit de onmiddellijke omgeving wordt eveneens onderstreept door het snel wegreageren van ammoniak tot ammoniumverbindingen, welke door hun stabiliteit verschillende dagen in de luchtmassa meegedragen kunnen worden en waarvan de depositie dus niet erg windrichtingsafhankelijk is.

Addendum: Meetresultaten van de meetcampagne te Knokke-Heist

A.1 Filterstalen



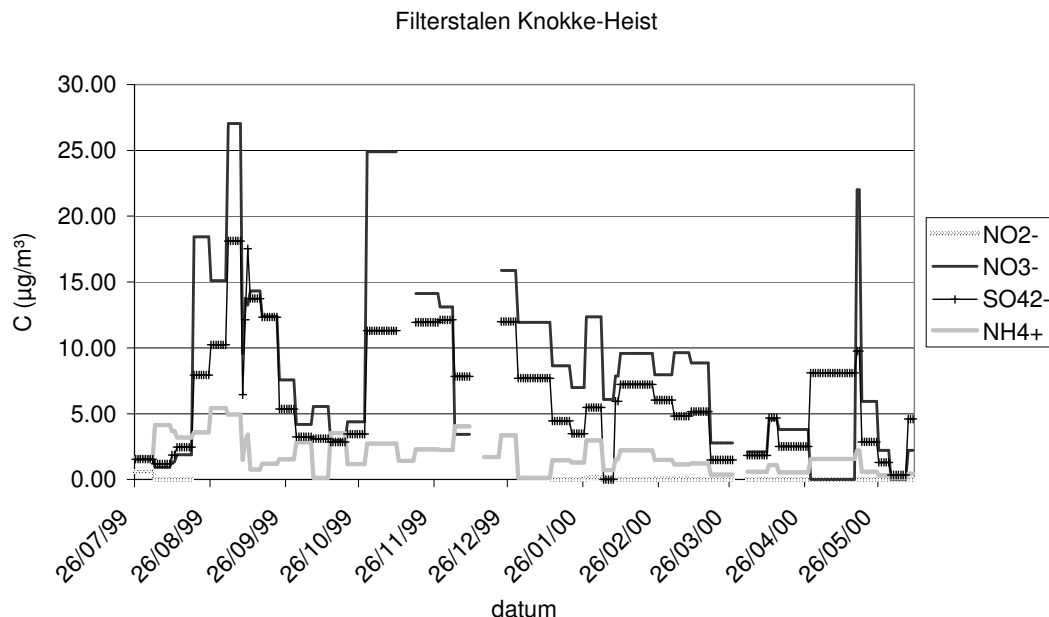
Figuur A1: Meteo Knokke-Heist.

Er werden over een periode van meer dan tien maanden stalen genomen in Het Zwin te Knokke-Heist. Tijdens de staalname was de wind voornamelijk afkomstig uit het zuidwesten. De neerslag is vrij gelijkmatig verspreid over het ganse jaar, met droge periodes in augustus - september, januari en maart. De temperatuur heeft een sinusoïdale trend met uiteraard grillige fluctuaties.

De gemiddelde concentraties zijn vergelijkbaar met de concentraties bekomen te Adinkerke. De concentraties aan ammonium en nitraatcomponenten zijn significant hoger te Knokke-Heist.

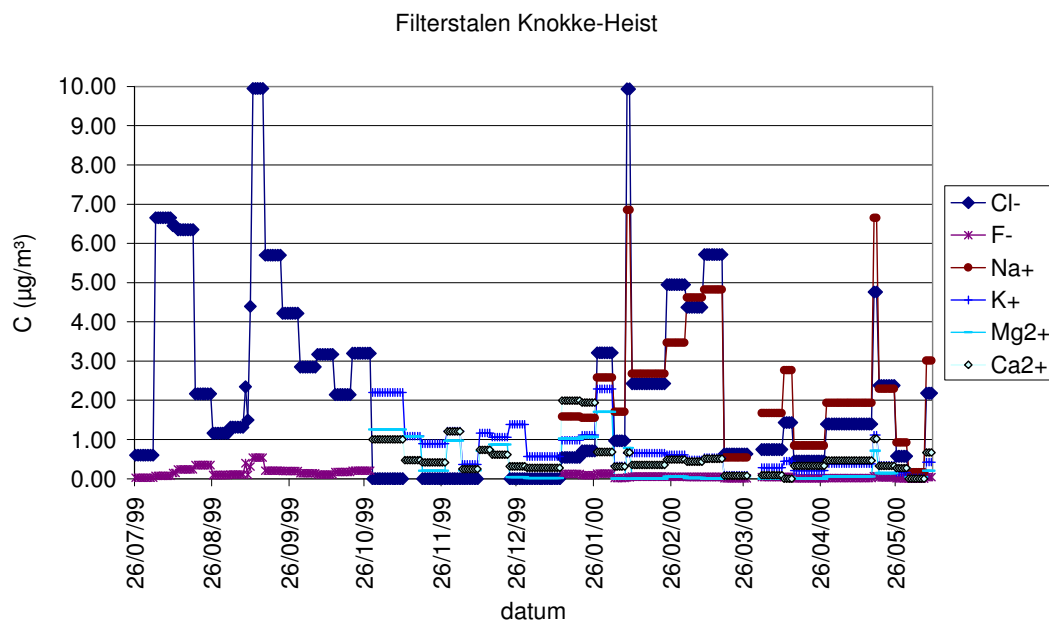
Tabel A1: Gemiddelde concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) aan componenten te Knokke-Heist.

Component	Cl-	NO ₂ -	NO ₃ -	SO ₄ 2-	F-	Na+	NH ₄ +	K+	Mg ₂ +	Ca ₂ +
Gemiddelde concentratie	2.17	0.04	8.27	6.13	0.10	2.23	1.84	0.74	0.35	0.53



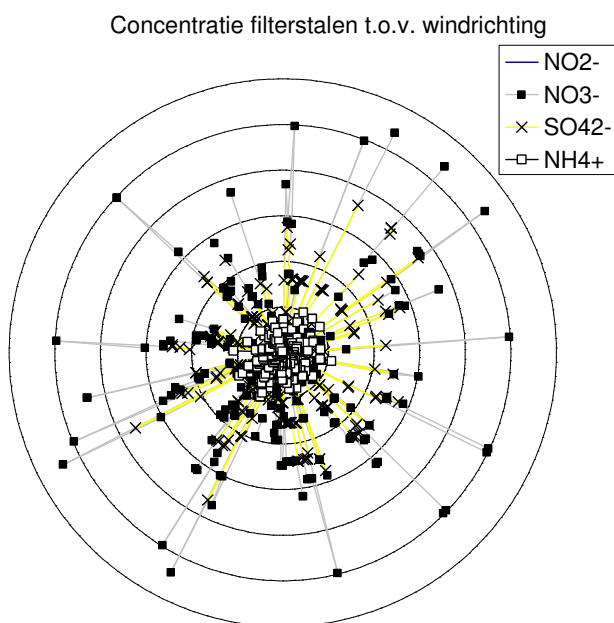
Figuur A2: Nitriet-, nitraat-, sulfaat- en ammoniumconcentraties te Knokke-Heist.

Maximale concentraties voor de filterstalen werden voornamelijk opgetekend door nitraat en sulfaat. Nitrietconcentraties zijn te verwaarlozen. Er kan een bepaalde trend opgemerkt worden tussen de verschillende nitraat-, nitriet- en sulfaatconcentraties, maar de correlatie tussen de verschillende individuele componenten is weinig significant. Dit is te verklaren door het quasi oneindig aantal mengverhoudingen van de verschillende componenten in de luchtmassa, en uiteindelijk ook op het filteroppervlak. Dit geeft tevens aan dat het zeker niet triviaal is de pollutie op te delen in een aantal mogelijke scenario's, maar dat de luchtmassa van elk individueel staal pollutie met zich meedraagt van de verschillende overvlogen individuele pollutiebronnen.



Figuur A3: Filterstalen Knokke-Heist.

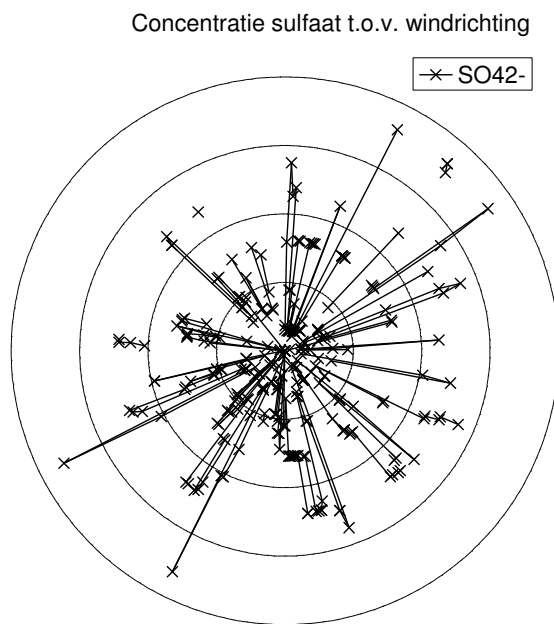
De natrium- en chlorideconcentraties geven een rechtstreekse indicatie van de mariene invloed. Tevens is er een zeer sterke correlatie met andere ionaire mariene componenten zoals calcium, fluoride en kalium.



Figuur A4: Windrichtingsafhankelijkheid van de verschillende componenten.

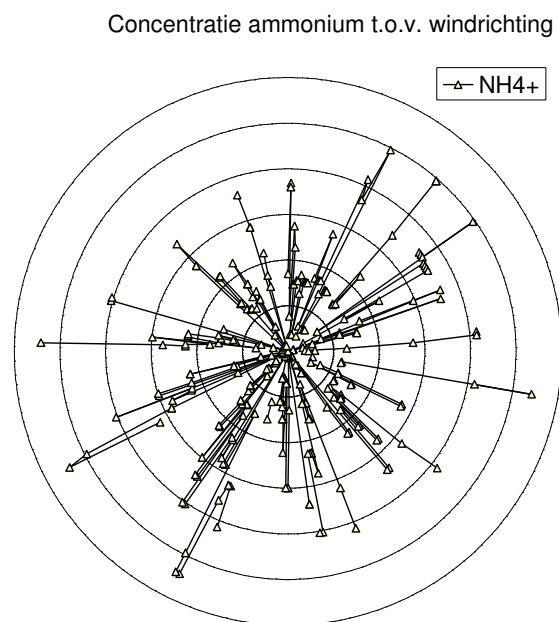
Wanneer de concentraties worden uitgezet in functie van de windrichting (Figuur A4), kan er voor nitraat een vrij gelijkmatige verdeling opgemerkt worden, wat erop wijst

dat in het algemeen de nitraatcomponenten over lange afstanden vervoerd zijn en dus tot de kleiner fracties behoren.



Figuur A5: Windrichtingsafhankelijkheid van de sulfaatconcentraties.

De sulfaatconcentraties bereiken veeleer een maximum uit noord-noordoostelijke en uit west-zuidwestelijke windrichting (Figuur A5). Dit is tevens het geval voor de ammoniumconcentraties, met uitgesproken lagere concentraties uit het noordwesten.

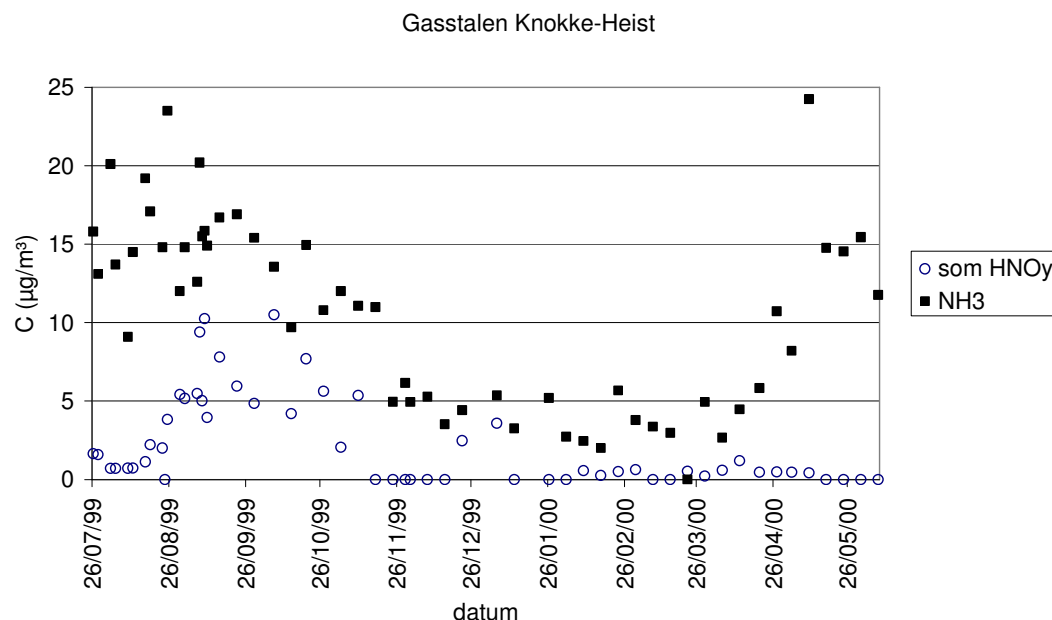


Figuur A6: Windrichtingsafhankelijkheid van de ammoniumcomponenten.

Gelijkaardig aan de sulfaatconcentraties, vertonen de ammoniumconcentraties lagere waarden vanuit het noordoosten en het zuidwesten.

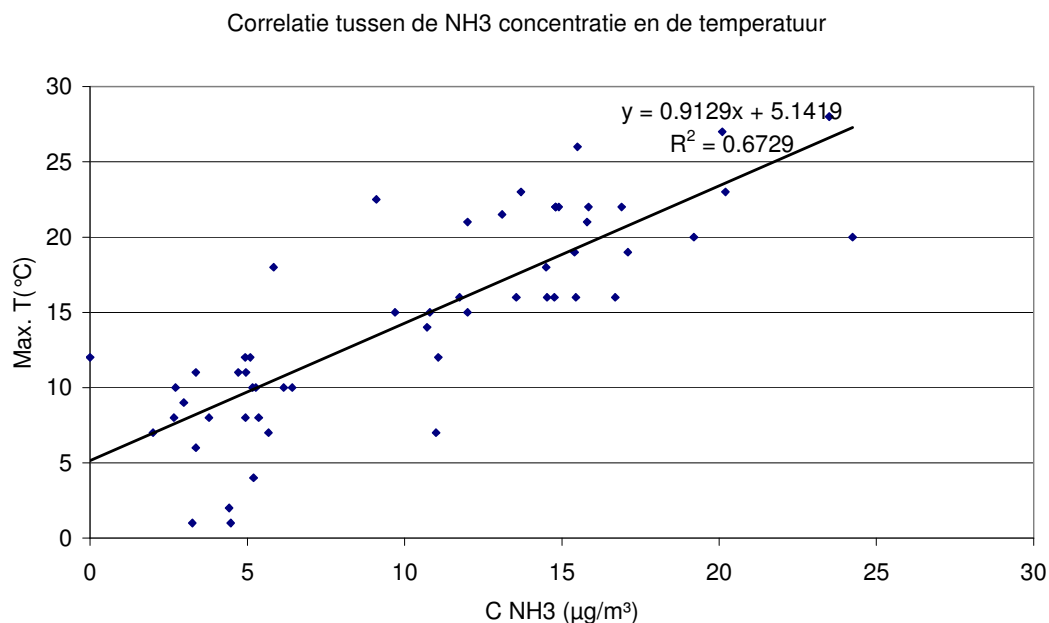
A.2 Gasstalen

De gemiddelde jaarconcentratie aan ammoniak is $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, voor de som aan salpeterzuur en salpeterigzuur is dit $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur A7: Wekelijkse gasstalen te Knokke-Heist.

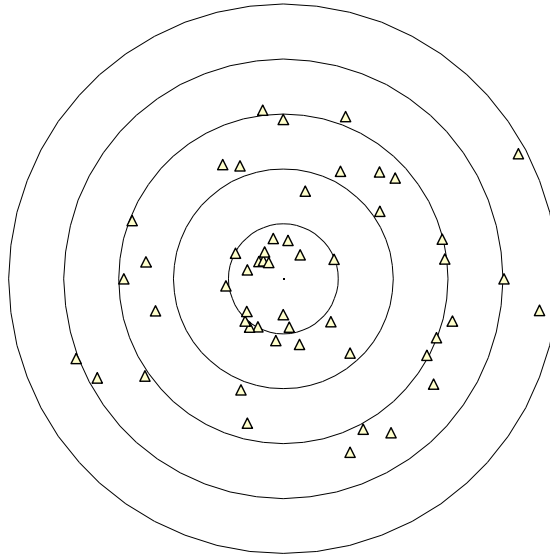
Elke week werd er mistens één 24-uursstaal genomen. Vergelijkbaar met de temperatuur, kan er bij de ammoniakconcentraties een duidelijke sinusoïdale trend vastgesteld worden. De ammoniakconcentratie is zeer hoog, met maxima in augustus en september (droge en warme periode). Tegen het einde van september wordt er op de velden nog extra bemest, net voor het mestuitrijverbod (van 21 september tot 21 januari). Na de winter neemt de concentratie vrij snel weer toe, met een piekconcentratie begin mei, vermoedelijk te wijten aan bemestingsactiviteiten voor de maïsteelt. Tijdens de winterperiode wordt een achtergrondwaarde bereikt van rond de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur A8: Correlatie tussen de maximale dagtemperatuur en de ammoniakconcentratie.

Zoals reeds vermeld bleek de correlatie tussen de dagelijkse maximum temperatuur en de ammoniakconcentratie op te vallen. In Figuur A8 wordt de correlatie getoond. De punten boven de regressierechten kunnen in de meeste gevallen verklaard worden door regenval, wat een sterke daling van de ammoniakconcentratie teweegbrengt. De punten onder de regressierechte kunnen mogelijk verklaard worden door bemestingsactiviteiten of door plaatselijke contaminatie van het meetpunt. Hiernaast spelen nog factoren zoals windrichting en windsnelheid en relatieve vochtigheid een belangrijke rol. Ook moet er opgemerkt worden dat overzeese wind weinig ammoniak met zich meebrengt, maar ook een verkoelend effect heeft in de zomer. Dit komt de correlatie ten goede, en het zou dus fout zijn te stellen dat de concentratie aan ammoniak alleen afhankelijk is van de temperatuur op zich.

Windrichtingsafhankelijkheid van de ammoniakconcentraties

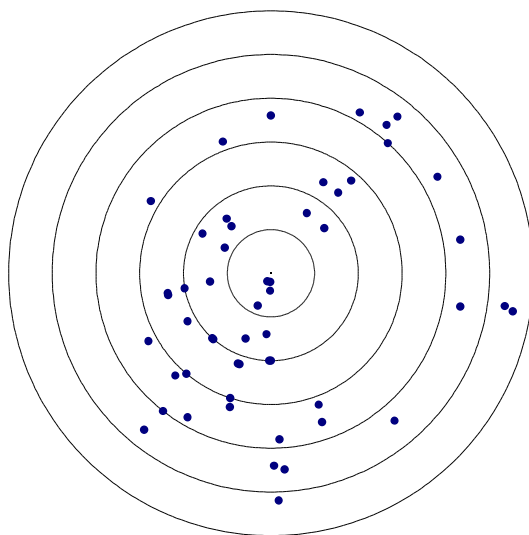


Figuur A9: Windrichtingsafhankelijkheid van de ammoniakconcentraties.

Wanneer de windrichtingsafhankelijkheid van de ammoniakconcentraties bekeken wordt is het zeer duidelijk dat de hoogste concentraties afkomstig zijn vanuit het oosten tot het zuidwesten. Lagere concentraties worden opgetekend vanuit het noordoosten tot het westen.

In Figuur A9 wordt de correlatie weergegeven tussen de windrichting en de maximale dagtemperaturen. Hieruit blijkt duidelijk de afkoelende werking van de zee in de zomermaanden en de duidelijk maximum temperaturen bij zuidwestelijke tot noordoostelijke windrichting.

Correlatie windrichting en max T



Figuur A10: Correlatie tussen Tmax en windrichting.

A.3 Algemeen besluit Knokke-Heist campagne

In tegenstelling tot de nitraatconcentraties blijken de sulfaat- en ammoniumconcentraties windrichtingsafhankelijk te zijn. Er worden duidelijke maxima vanuit het zuidwesten en noordoosten opgetekend. De ammoniakconcentraties blijken maxima te vertonen vanuit het oosten tot het zuidwesten. Hiernaast blijkt de ammoniakconcentratie zeer sterk gecorreleerd te zijn aan de maximale dagtemperatuur, wat deels te verklaren is door de verkoelende en tevens minder gepollueerde zeelucht. Het is echter zeer duidelijk dat de maximale ammoniakconcentraties een gevolg zijn van hoge maximumtemperaturen gecombineerd met een landelijke wind. Bemestingsactiviteiten en veeteelt hebben echter onrechtstreeks een zeer belangrijke invloed. Zij zorgen voor de overvloedige voorraad aan ammoniumcomponenten welke aan de atmosfeer worden blootgesteld en bij een stijging van de temperatuur onmiddellijk in de atmosfeer worden opgenomen.